

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-191774

(43)Date of publication of application : 09.07.2003

(51)Int.Cl.

B60K 41/00  
B60G 17/015  
B60R 16/02  
B60R 21/00  
B60T 8/00  
B60T 8/58  
B62D 6/00  
// B60K 6/02  
B62D101:00  
B62D111:00  
B62D113:00  
B62D119:00  
B62D127:00  
B62D133:00  
B62D137:00

(21)Application number : 2001-395871 (71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 27.12.2001 (72)Inventor : KOIBUCHI TAKESHI  
MIYANOCHI SHOICHI

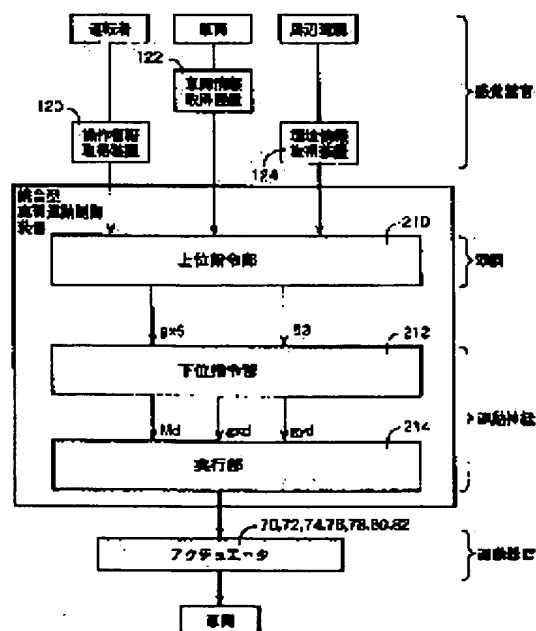
## (54) INTEGRATED VEHICULAR MOTION CONTROL DEVICE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To properly hierarchize software constitution of a device which controls a plurality of actuators integrally in order to execute a plurality of kinds of motion control in a vehicle and to optimize the hierarchical structure in terms of practicality thereof.

**SOLUTION:** The software constitution is hierarchized so as to contain (a) command units 210, 212 which decides a target vehicle state quantity based on drive related information, and (b) an execution unit 214 which receives the decided target vehicle state quantity as an command from the command units and executes the received command via at least one of the plurality of actuators 70-82. The command

units contain a top command unit 210 which decides a first target vehicle state quantity based on the drive related information without considering the dynamic behavior of a vehicle, and a lower command unit 212 which considers the dynamic behavior of the



vehicle based on the first target vehicle state quantity received from the top command unit, and decides a second target vehicle state quantity.

\* NOTICES \*

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]By controlling two or more actuators by a computer integrative based on operation pertinent information relevant to operation of vehicles by a driver, It is a unified type vehicle motion control device which performs two or more kinds of vehicle motion control in said vehicles, Of hardware constitutions of that, and the software configurations, at least a software configuration, Two or more portions hierarchized by direction which faces to said two or more actuators from said driver are included, and a portion of these plurality, (a) In a commanding part which determines target vehicle state quantity in a higher rank based on said operation pertinent information, and the (b) low rank, Said determined target vehicle state quantity is received from said commanding part as instructions, Including an execution part which performs the received instructions via at least one of said two or more actuators, and said commanding part, Instructions for each to control said two or more actuators integrative including a higher rank commanding part and a low rank commanding part to emit and the higher rank commanding part, Based on said operation pertinent information, determine the 1st target vehicle state quantity without taking dynamic behavior of said vehicles into consideration, supply the 1st determined target vehicle state quantity to said low rank commanding part, and, on the other hand, the low rank commanding part, Based on said 1st target vehicle state quantity received from said higher rank commanding part, In consideration of dynamic behavior of said vehicles, determine the 2nd target vehicle state quantity, supply the 2nd determined target vehicle state quantity to said execution part, and and said higher rank commanding part, a low rank commanding part, and an execution part, A unified type vehicle motion control device which realizes a peculiar function given to each by making said computer perform bottom two or more mutually-independent modules on a software configuration, respectively.

[Claim 2]The unified type vehicle motion control device comprising according to claim 1: Operation information about operation according [ said operation pertinent information ] to the (a) aforementioned driver.

(b) Vehicle information about quantity of state of said vehicles.

inside with environment information about what is the surrounding environment of said vehicles and has on movement of the vehicles -- at least -- on the other hand.

[Claim 3]An operation information acquisition device with which said vehicles acquire operation information about operation by the (a) aforementioned driver, (b) A vehicle information acquisition device which acquires vehicle information about quantity of state of said vehicles, Operation information by which the (c) aforementioned acquisition of said higher rank commanding part was carried out at least including one side of the environment information acquisition devices which acquire environment information about what is the surrounding environment of said vehicles and has on movement of the vehicles, (d) The unified type vehicle motion control device according to claim 1 or 2 which determines said 1st target vehicle state quantity at least based on one of said acquired vehicle information and said acquired environment information.

[Claim 4]Vehicle information by which the (a) (b) aforementioned acquisition of said higher rank commanding part was carried out with said acquired operation information, At least based on one side of said acquired environment information, two or more candidate values related with said 1st target vehicle state quantity that should be determined soon are determined, The unified type vehicle motion control device according to claim 3 which determines said 1st target vehicle state quantity in accordance with a rule defined beforehand based on two or more of the determined candidate values.

[Claim 5]The unified type vehicle motion control device comprising according to claim 4: Target order acceleration corresponding to operation information by which said 1st target vehicle state quantity is the target vehicle state quantity about said vehicles order acceleration, and the (a) aforementioned acquisition of said two or more candidate values was carried out.

(b) Said acquired vehicle information.

Target order acceleration at least corresponding to one side with said acquired environment information.

[Claim 6]The unified type vehicle motion control device comprising according to claim 4: A target rudder angle corresponding to operation information by which said 1st target vehicle state quantity is the target vehicle state quantity about a rudder angle of said vehicles, and the (a) aforementioned acquisition of said two or more candidate values was carried out.

(b) Said acquired vehicle information.

A target rudder angle at least corresponding to one side of said acquired environment information.

[Claim 7]The unified type vehicle motion control device comprising according to any one of claims 1 to 6:

Target vehicle state quantity concerning [ said 1st target vehicle state quantity ] said vehicles order acceleration.

Target vehicle state quantity about a rudder angle of said vehicles.

[Claim 8]Target vehicle state quantity which said higher rank commanding part made give priority over stabilization of an action of said vehicles to vehicle position [ which is the relation between a position of the vehicles on a running locus in which the vehicles run, and speed ]-speed-related rationalization is determined as said 1st target vehicle state quantity, The unified type vehicle motion control device according to any one of claims 1 to 7 with which said low rank commanding part determines target vehicle state quantity which gave priority to stabilization of an action of said vehicles over rationalization vehicle position-speed-related [ said ] as said 2nd target vehicle state quantity based on the 1st determined target vehicle state quantity.

[Claim 9]Said higher rank commanding part determines said 1st target vehicle state quantity as target vehicle state quantity which is in tolerance level and may change, The unified type vehicle motion control device according to any one of claims 1 to 8 with which said low rank commanding part determines said 2nd target vehicle state quantity as arbitrary target vehicle state quantity in said tolerance level.

[Claim 10]Target vehicle state quantity concerning [ said 1st target vehicle state quantity ] said vehicles order acceleration, Although said higher rank commanding part determines target vehicle state quantity about said vehicles order acceleration as target vehicle state quantity which is in tolerance level and may change, including target vehicle state quantity about a rudder angle of said vehicles, The unified type vehicle motion control device according to claim 9 which determines target vehicle state quantity about a rudder angle of said vehicles as target vehicle state quantity which does not have tolerance level.

[Claim 11]The unified type vehicle motion control device according to claim 9 or 10 to which said higher rank commanding part changes width of said tolerance level at least based on one side of said driver's intention, and a thing which is the surrounding environment of said vehicles and has on movement of the vehicles.

[Claim 12]Said higher rank commanding part according to a simple vehicle model which describes movement of the vehicles in simple regardless of dynamic behavior of said vehicles based on information inputted into it, Determine said 1st target vehicle state quantity, and said low rank commanding part based on information inputted into it, And the unified type vehicle motion control device according to any one of claims 1 to 11 which determines said 2nd target vehicle state quantity according to a precision vehicle model which describes movement of the vehicles that dynamic behavior of said vehicles is reflected more correctly than said simple vehicle model.

[Claim 13]Said execution part based on information inputted into it and movement of a wheel of said vehicles, The unified type vehicle motion control device according to claim 12 which determines a controlled variable which should control said two or more actuators

according to a wheel model of power before and after acting on the wheel, lateral force, and the up-and-down power described about order power and lateral force at least in order to realize said 2nd target vehicle state quantity.

[Claim 14]At least one each in said higher rank commanding part, a low rank commanding part, and an execution part, While determining information which should be outputted to a low-ranking portion from it according to a model which describes at least one of movement of said vehicles, and the movements of a wheel of the vehicles based on information inputted from a portion of a higher rank from it, The unified type vehicle motion control device according to any one of claims 1 to 13 which corrects the model based on an error of information outputted to a low-ranking portion.

[Claim 15]In a higher rank said execution part contains two or more portions hierarchized by direction which faces to said two or more actuators from said low rank commanding part, and a portion of these plurality, In a distribution part which distributes a controlled variable which should control said two or more actuators about an actuator of these plurality in order to realize the 2nd target vehicle state quantity supplied from said low rank commanding part, and a low rank, Said two or more actuators including a control section to control so that a controlled variable supplied from the distribution part may be realized and said distribution part, (a) In a higher rank, it is provided about said two or more whole actuators, said -- a low rank -- a commanding part -- from -- supplying -- having had -- the -- two -- target vehicle state quantity -- realizing -- a sake -- them -- plurality -- an actuator -- it should control -- a controlled variable -- them -- plurality -- an actuator -- the whole -- being related -- integrative -- distributing -- a higher rank -- a distribution part -- (-- b --) -- a low rank -- setting. It is provided about a part of said two or more actuators, and a low rank distribution part which distributes a controlled variable supplied from said higher rank distribution part to said some of actuators is included, Although said control section is provided for every actuator in a low rank about said some of actuators from said low rank distribution part, concerning [ and ] the remaining actuators. In a low rank, from said higher rank distribution part, including two or more individual control parts provided for every actuator and said higher rank distribution part, a low rank distribution part, and a control section, The unified type vehicle motion control device according to any one of claims 1 to 14 which realizes a peculiar function given to each by making said computer perform bottom two or more mutually-independent modules on a software configuration, respectively.

[Claim 16]Said two or more actuators are classified into two or more groups according to a kind of physical quantity made to act with each actuator by each component of said vehicles, The unified type vehicle motion control device according to claim 15 with which the number of actuators with which said low rank distribution part belongs to it among groups of these plurality is formed about a group who is plurality.

[Claim 17]The unified type vehicle motion control device according to claim 15 or 16 distributed like, comprising:

A force component before and after relating said higher rank distribution part with said two or more wheel related actuators in said controlled variable at said order power including two or more wheel related actuators with which said two or more actuators control order power and lateral force at least among wheel order power of said vehicles, lateral force, and up-and-down power.

A lateral force ingredient about said lateral force.

They are an order force component and a lateral force ingredient of the up-and-down force components about said up-and-down power at least.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]This invention relates to the art which controls two or more actuators integrative, in order to perform two or more kinds of vehicle motion control in vehicles.

[0002]

[Description of the Prior Art]These days, the tendency which carries out various-sorts loading is increasing the motion controlling device which controls movement of vehicles to the same vehicles. However, the effect realized as be alike, respectively may always show up [ mutually ] on vehicles independently, and may interfere in the motion controlling device with which kinds differ mutually. Therefore, when developing vehicles so that two or more kinds of motion controlling devices may be carried, it is important to fully aim at cooperation and cooperation between these motion controlling devices.

[0003]For example, in the development process of a certain vehicles, when it is required to carry two or more kinds of motion controlling devices in the same vehicles, after developing these motion controlling devices of each other independently, it is possible to realize in supplement or additionally cooperation and cooperation between these motion controlling devices.

[0004]However, to develop two or more kinds of motion controlling devices in such a form, in order to aim at cooperation and emphasis between these motion controlling devices, much time and effort and a long period are required.

[0005]The form of sharing the actuator carrying two or more kinds of motion controlling devices with these motion controlling devices same as a form is on vehicles. In this form, when it is necessary to operate the actuator as the period with these same motion controlling devices, the problem how to solve such competition is faced.

[0006]And when it is going to realize in supplement or additionally cooperation and cooperation between these motion controlling devices as mentioned above after developing these motion controlling devices of each other independently, it is difficult to solve an above-mentioned problem ideally. Actually, it chooses in order to give priority to either of



these motion controlling devices over others, and it solves by making only the selected motion controlling device occupy the actuator.

[0007]On the other hand, to JP,5-85228,A, it is one conventional example of the art which controls movement of vehicles integrative, and the art made for the purpose of improvement in shortening of the development cycle of the whole vehicles and the reliability of vehicles, user-friendliness, and the ease of fixing is indicated.

[0008]While the whole system which comprises a driver and vehicles is constituted by two or more elements mutually hierarchized between the driver and the actuator according to this conventional example, When a driver's intention is changed into the operating characteristic of vehicles, the characteristic which the element of a higher rank requires from a low-ranking element is transmitted to a low-ranking element from the element of a higher rank.

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]However, according to this conventional example, although the above-mentioned system classifies and is hierarchized according to the imputed relation on the hardware constitutions of that, the software configuration which performs two or more kinds of kinematic control is not necessarily hierarchized properly. Hereafter, it explains concretely.

[0010]A control facility, especially the control facility of the adjustment elements 12, 18, and 24 are realized by interpreting from the statement of said JP,5-85228,A as a program structure of the master controller 100. The adjustment element 12 is an element which changes a driver's intention into a desired value, and the adjustment element 18 is an element which changes into wheel torque the desired value inputted from the adjustment element 12. Therefore, these adjustment elements 12 and 18 have constituted the layered structure.

[0011]On the other hand, the actuator element 28 which controls engine suction air quantity for a signal for the adjustment element 24 to realize the engine torque inputted from the element 22, It outputs to the actuator element 30 which controls engine fuel oil consumption, and the actuator element 32 which controls engine ignition timing. Thus, since the adjustment element 24 is not the adjustment element 12 with the immediately above-mentioned element 22 of a higher rank of that, or 18, either, it has not necessarily constituted the layered structure with these adjustment elements 12 and 18.

[0012]In order to be able to say that the software configuration has constituted the layered structure in a true meaning, it is required for two or more batches under software configuration to be independently mutually. "It is independently" means here that it can perform by computer, without the program of that being dependent on the program of other batches in each batch. That is, the program executed by computer in each batch needs to be the program completed by itself, i.e., a module.

[0013]On the other hand, said gazette is not indicating the layered structure of such a software configuration, independent-izing, and any modularization.

[0014]When the interpretation explained above is combined with Fig.1 of said gazette and is considered, this gazette, Although the art which classifies only according to the imputed relation between these elements, and hierarchizes whether it is a hardware element about two or more elements which constitute said system, or it is a software element without distinguishing is indicated, It can be said that the art which hierarchizes the software configuration of said system properly is not indicated.

[0015]In order to hierarchize a software configuration properly, it is also required to subdivide about the required contents of processing and to raise the performance of the whole software configuration by that cause.

[0016]Namely, room to improve the software configuration which performs two or more kinds of kinematic control integrative in the same vehicles in this conventional example is left behind, The first art to control two or more actuators which control movement of vehicles integrative will be practically established by making such an improvement.

[0017]Such a situation is made into a background, this invention hierarchizes properly the software configuration of the device which controls two or more actuators for performing two or more kinds of kinematic control in vehicles integrative, and, thereby, it makes optimizing the layered structure from a viewpoint of practicality as a technical problem.

[0018]

[The means for solving a technical problem and an effect of the invention] The technical problem is solved by this invention. According to this invention, each of following modes are obtained.

[0019]Each mode is classified into a paragraph, gives a number to each item, and indicates it in the form of quoting the number of other paragraphs if needed. This is for making easy an understanding of some of technical features given in this specification, and some of those combination, and should not be interpreted as the technical features and those combination of a statement being limited to the following modes by this specification.

(1) By controlling two or more actuators by a computer integrative based on the operation pertinent information relevant to operation of the vehicles by a driver, It is a unified type vehicle motion control device which performs two or more kinds of vehicle motion control in said vehicles, Of the hardware constitutions of that, and the software configurations, at least a software configuration, Two or more portions hierarchized by the direction which faces to said two or more actuators from said driver are included, and the portion of these plurality, (a) In the commanding part which determines target vehicle state quantity in a higher rank based on said operation pertinent information, and the (b) low rank, Said determined target vehicle state quantity is received from said commanding part as instructions, Including the execution part which performs the received instructions via at least one of said two or more actuators, and said commanding part, Instructions for each to control said two or more actuators integrative including the higher rank commanding part and low rank commanding part to emit and the higher rank commanding part, Based on said operation pertinent information, determine the 1st target vehicle state quantity without

taking the dynamic behavior of said vehicles into consideration, supply the 1st determined target vehicle state quantity to said low rank commanding part, and, on the other hand, the low rank commanding part, Based on said 1st target vehicle state quantity received from said higher rank commanding part, In consideration of the dynamic behavior of said vehicles, determine the 2nd target vehicle state quantity, supply the 2nd determined target vehicle state quantity to said execution part, and and said higher rank commanding part, a low rank commanding part, and an execution part, A unified type vehicle motion control device which realizes the peculiar function given to each by making said computer perform bottom two or more mutually-independent modules on a software configuration, respectively.

[0020]In a higher rank of direction which faces to an actuator of plurality [ software configuration ] of hardware constitutions of that, and the software configurations from the (a) driver at least according to this device, It hierarchizes so that a commanding part which determines target vehicle state quantity based on operation pertinent information, and an execution part which receives the determined target vehicle state quantity from a commanding part as instructions, and performs the received instructions via at least one of two or more actuators in the (b) low rank may be included.

[0021]That is, according to this device, even if it is small, a software configuration is hierarchized so that a commanding part and an execution part may be separated mutually.

[0022]Since software configuration top mutually-independent [ of these commanding parts and the execution part ] is carried out, like the after-mentioned about each. Without affecting another side, it becomes possible to work development, a design, a design variation, debugging, etc., and it also becomes possible to do work about both in parallel mutually.

[0023]Therefore, according to the device concerning this paragraph, shortening becomes possible easily about a period of work with required carrying out to a software configuration of whole that.

[0024]According to this device, a commanding part has a higher rank commanding part and a low rank commanding part which emit instructions for each to control two or more actuators integrative contained.

[0025]Based on operation pertinent information moreover, a commanding part shall determine the 1st target vehicle state quantity without taking dynamic behavior of vehicles into consideration, and the 1st determined target vehicle state quantity shall be supplied to it by low rank commanding part.

[0026]On the other hand, based on the 1st target vehicle state quantity received from a higher rank commanding part, the low rank commanding part shall determine the 2nd target vehicle state quantity in consideration of dynamic behavior of vehicles, and the 2nd determined target vehicle state quantity shall be supplied to it by execution part.

[0027]That is, according to the device concerning this paragraph, it is subdivided so that a higher rank commanding part as which a commanding part determines target vehicle state

quantity simply without taking dynamic behavior of vehicles into consideration, and a low rank commanding part which determines target vehicle state quantity correctly in consideration of dynamic behavior of vehicles may be mutually located in a line with those order in series.

[0028]Like the after-mentioned, these higher rank commanding part and a low rank commanding part, Since software configuration top mutually-independent is carried out, about each, without affecting another side, it becomes possible to work development, a design, a design variation, debugging, etc., and it also becomes possible to do work about both in parallel mutually.

[0029]Therefore, according to the device concerning this paragraph, shortening becomes possible easily about a period of work with required carrying out to a software configuration of a commanding part of that.

[0030]If relation between "the 1st target vehicle state quantity" and the "2nd target vehicle state quantity" is explained here, As mentioned above, after the 2nd target vehicle state quantity is based on the 1st determined target vehicle state quantity to the 1st target vehicle state quantity being what is determined without taking dynamic behavior of vehicles into consideration, it is determined in consideration of dynamic behavior of vehicles.

[0031]It is a concept which needs an operation comparatively complicated in order for "dynamic behavior of vehicles" to mean a transitional or nonlinear vehicle behavior, for example and to acquire it here, and in order to mean a steady or linear vehicle behavior and to acquire it, they are a concept for which a comparatively easy operation is sufficient, and an opposing concept.

[0032]Therefore, if two or more actuators were controlled so that the 1st target vehicle state quantity was realized as it is, in a case which is not suitable, the 1st target vehicle state quantity will be corrected as a result from a viewpoint of dynamic behavior of vehicles, and the 2nd target vehicle state quantity will be determined.

[0033]If the above-mentioned higher rank commanding part and a relation between low rank commanding parts are judged from the 1st and 2nd relations between these target vehicle state quantity, a higher rank commanding part and a low rank commanding part, It can be said that it is said that power to correct instructions which a higher rank commanding part emitted if needed is lodged in a low rank commanding part, and that it has an independent relation although it is imperfect rather than having a subordinate relation that a low rank commanding part is thoroughly subordinate to a higher rank commanding part.

[0034]"a subordinate relation" can be called here a perfect master-slave relation or dense relation, for example -- on the other hand -- "-- although it is imperfect, independent related" can be called a partial equal relation or sparse relation, for example.

[0035]According to the device concerning this paragraph, target vehicle state quantity is determined through two or more stages. In the first stage, it is determined without being dependent on dynamic behavior of vehicles, and specifically in the following stage, it is

determined depending on dynamic behavior of vehicles. That is, determination in a stage of these plurality has an in-series relation mutually rather than has a parallel relation mutually to an execution part to which final target vehicle state quantity is supplied.

[0036]Therefore, according to this device, it does not need to be necessary like [ in case determination in a stage of these plurality has a parallel relation mutually to an execution part ] to choose one of target vehicle state quantity.

[0037]The 1st target vehicle state quantity that is determined by higher rank commanding part according to this device, It becomes possible to carry, without adding a big design variation to another kind of vehicles with which the dynamic exercise characteristics of vehicles differ a higher rank commanding part developed for a certain vehicles, in order not to be dependent on dynamic behavior of vehicles.

[0038]Therefore, according to this device, the flexibility of a higher rank commanding part improves and developing widely becomes easy for vehicles with which kinds differ.

[0039]According to this device, a higher rank commanding part, a low rank commanding part, and an execution part have a peculiar function given to each realized by making at least one computer perform bottom two or more mutually-independent modules on a software configuration, respectively.

[0040]That is, according to this device, a higher rank commanding part, a low rank commanding part, and an execution part are in a state which became independent of other modules, and make a computer each module performed.

[0041]If it adds, it not only carries out mutually-independent [ of each portion ], but it hierarchizes a software configuration and hardware constitutions are hierarchized, and the device concerning this paragraph can carry out mutually-independent [ of each portion ], and can make and carry it out.

[0042]In this case, a device concerning this paragraph will set like 1 operative condition, a processing unit (for example, constituted so that it may have at least one CPU) for exclusive use will be carried for every portion, and each module will be performed by each processing unit. For example if [ in this embodiment ] the number of computers is counted with the number of processing units, Since the number of portions in which a processing unit for exclusive use is carried is plurality, as the whole device concerned, the number of computers carried in it will also be plurality.

[0043]Expression [ here ] of "hierarchizing hardware constitutions and carrying out mutually-independent [ of each portion ]" if it adds, It is expression of the meaning for which it is sufficient if not expression of the meaning which makes indispensable what each portion is doing for exterior mutually-independent (that is, it has dissociated) but a processing unit which bears processing in each portion is independently from a processing unit of other portions.

[0044]Operation information about operation according [ "operation pertinent information" in this paragraph ] to the (a) driver, (b) It is possible to define it as including at least one of vehicle information about quantity of state of vehicles and environment information about

what is the surrounding environment of the (c) vehicles and has on movement of the vehicles.

[0045]Driving operation for "operation information" to drive vehicles here, for example (with accelerating operation.) It is possible to define it as including at least one of the information about steering for making it circle in brakes operation for braking vehicles and vehicles including deceleration operation, the switching equipment of various electric equipment articles, etc.

[0046]"Vehicle information", for example The vehicle speed, a rudder angle, a body yaw rate, vehicles order acceleration, The amount of tire conditions, suspension quantity of state containing lateral acceleration, vertical acceleration, and a tire pressure, The amount of engine states containing an engine speed value and an engine load, gearbox quantity of state containing a change gear ratio, It is possible to define it as including at least one of the information about quantity of state at the time of a drive of a motor in an electromobile containing a hybrid vehicle and regeneration, the quantity of state of vehicle's power containing a battery, etc.

[0047]Quantity of state of a road where, as for "environment information", vehicles are running, for example. It is possible to define it as including at least one, such as information about movement of vehicles received by an electric wave from information about (for example, a surface disposition, the geometric feature, geomorphic characteristics, etc.), information about navigation of vehicles, information about an obstacle which exists in a vehicle front, and the exterior.

[0048]When an actuator is operated in vehicles, electric power is consumed regardless of whether the purpose is vehicle motion control or they are a driver's amenity control (for example, air conditioning control in a crew cabin, lighting control, sound control, etc.). Since electric power is not infinite in vehicles, it is desirable to hold down useless consumption as much as possible, and to manage energy demand-and-supply balance of the whole vehicles integrative.

[0049]A "higher rank commanding part" is feasible in a mode which determines said 1st target vehicle state quantity that consumption of an energy resource (electric power or fuel is included) consumed by the whole vehicles is reduced as much as possible. [ in / based on such knowledge / this paragraph ]

[0050]As mentioned above, in a device concerning this paragraph, a higher rank commanding part and low rank commanding part also determines target vehicle state quantity. And since these higher rank commanding part and a low rank commanding part are independently mutually in each module, even if failure on a module takes place to either these higher rank commanding part or a low rank commanding part, failure on a module is not induced by another side only owing to that.

[0051]A "low rank commanding part" which starts this paragraph based on such knowledge is feasible in a mode which bypasses the higher rank commanding part and determines said 2nd target vehicle state quantity based on said operation pertinent information, when a

higher rank commanding part fails.

[0052]If it adds, a "higher rank commanding part" in this paragraph, a "low rank commanding part", and the "execution part" can constitute only one module from a mode performed by computer, respectively, or can constitute only two or more modules from a mode performed by computer.

(2) Operation information about operation according [ said operation pertinent information ] to the (a) aforementioned driver, (b) said -- vehicles -- quantity of state -- being related -- vehicle information -- said -- vehicles -- the circumference -- environment -- it is -- the -- vehicles -- movement -- influence -- doing -- a thing -- being related -- environment information -- inside -- at least -- one side -- containing -- (-- one --) -- a paragraph -- a statement -- integration -- type -- vehicle motion -- a control device .

[0053]In this device, operation pertinent information will include not only operation information but the other information.

[0054]Therefore, according to this device, with the device concerned, for example kinematic control, It becomes possible to perform so that shortage of a driver's driving skill may be compensated, or to perform so that vehicle motion may suit change of environment of a vehicle state or a vehicle circumference where a driver has not recognized easily or a driver neglected recognition. Therefore, according to this device, it becomes easy to raise the safety of vehicles.

(3) An operation information acquisition device with which said vehicles acquire operation information about operation by the (a) aforementioned driver, (b) A vehicle information acquisition device which acquires vehicle information about quantity of state of said vehicles, Operation information by which the (c) aforementioned acquisition of said higher rank commanding part was carried out at least including one side of the environment information acquisition devices which acquire environment information about what is the surrounding environment of said vehicles and has on movement of the vehicles, (d) (1) which determines said 1st target vehicle state quantity at least based on one of said acquired vehicle information and said acquired environment information, or a unified type vehicle motion control device given in (2) paragraphs.

[0055]In this device, the 1st target vehicle state quantity is determined by higher rank commanding part not only in consideration of operation information but in consideration of the other information.

[0056]Therefore, according to this device, also in a device concerning the aforementioned (2) paragraph, since it is the same, it becomes easy to raise the safety of vehicles, for example.

(4) Vehicle information by which the (a) (b) aforementioned acquisition of said higher rank commanding part was carried out with said acquired operation information, At least based on one side of said acquired environment information, two or more candidate values related with said 1st target vehicle state quantity that should be determined soon are determined, A unified type vehicle motion control device given in (3) paragraphs which determine said 1st

target vehicle state quantity in accordance with a rule defined beforehand based on two or more of the determined candidate values.

[0057]In this device, the 1st target vehicle state quantity is determined in accordance with a rule beforehand defined based on what is two or more candidate values related with the 1st target vehicle state quantity that should be determined soon, and was determined in consideration of operation information and the other information.

[0058]Therefore, according to this device, since a correspondence relation between operation information and the other information, and the 1st target vehicle state quantity that will be determined based on them is uniquely decided by the above-mentioned rule, brief nature and transparency improve about the contents correspondence-related [ that ].

[0059]Therefore, according to this device, a design of a software configuration of a higher rank commanding part becomes easy, and shortening of it is easily attained in a period required for it.

[0060]While according to this device tuning of a software configuration of a higher rank commanding part will become easy since the above-mentioned correspondence relation is changed if even the above-mentioned rule is changed, It becomes easy to reduce a design variation required since a higher rank commanding part developed for a certain vehicles is carried in another kind of vehicles.

[0061]If this device is caused like 1 operative condition, when a higher rank commanding part chooses one in accordance with a selection rule which was able to be defined beforehand from said two or more determined candidate values, said 1st target vehicle state quantity shall be determined.

(5) said 1st target vehicle state quantity is the target vehicle state quantity about said vehicles order acceleration -- said two or more candidate values -- (a) -- with target order acceleration corresponding to said acquired operation information. (b) A unified type vehicle motion control device given in (4) paragraphs containing target order acceleration at least corresponding to one side of said acquired vehicle information and said acquired environment information.

[0062]Generally, it is said that fundamental motions of vehicles are running, stopping, and bending. Therefore, also when a driver operates vehicles, operation will be performed in order to make vehicles realize those fundamental motions.

[0063]And motion of stopping with motion that vehicles run can be described with physical quantity called vehicles order acceleration.

[0064]In a device applied to this paragraph based on such knowledge, The 1st target vehicle state quantity is made into target vehicle state quantity about vehicles order acceleration, and two or more candidate values related with it are having target order acceleration corresponding to (a) operation information, and target order acceleration at least corresponding to one side of (b) vehicle information and environment information contained further.

[0065]Therefore, according to this device, it becomes easy to control a drive and braking of



vehicles properly, without giving a driver sense of incongruity.

[0066]If it adds, unless in particular "acceleration" will have a notice in this paragraph and each of following paragraphs, both sides of positive acceleration (acceleration in a narrow sense) and deceleration (deceleration in a narrow sense) are included.

(6) said 1st target vehicle state quantity is the target vehicle state quantity about a rudder angle of said vehicles -- said two or more candidate values -- (a) -- with a target rudder angle corresponding to said acquired operation information. (b) A unified type vehicle motion control device given in (4) paragraphs containing a target rudder angle at least corresponding to one of said acquired vehicle information and said acquired environment information.

[0067]As mentioned above, bending besides running and stopping also exists in a fundamental motion of vehicles. And motion that vehicles bend can be described with physical quantity called a rudder angle of vehicles.

[0068]In a device applied to this paragraph based on such knowledge, The 1st target vehicle state quantity is made into target vehicle state quantity about a rudder angle of vehicles, and two or more candidate values related with it are having target order acceleration corresponding to (a) operation information, and target order acceleration at least corresponding to one side of (b) vehicle information and environment information contained further.

[0069]Therefore, according to this device, it becomes easy to control revolution of vehicles properly, without giving a driver sense of incongruity.

[0070]If it adds, generally in this paragraph and each of following paragraphs, a "rudder angle" will be expressed as direction (front-wheel rudder angle) of a front wheel, but. Since it is the physical quantity corresponding to an angle of rotation (henceforth a "steering angle") of a steering wheel in which rotatably operating is done by driver, expressing using the steering angle is possible.

(7) A unified type vehicle motion control device given in either [ in which said 1st target vehicle state quantity contains target vehicle state quantity about said vehicles order acceleration, and target vehicle state quantity about a rudder angle of said vehicles ] (1) thru/or (6) paragraphs.

[0071]As mentioned above, fundamental motions of vehicles are running, stopping, and bending. Motion of stopping with motion that vehicles run, as mentioned above can be described with physical quantity called vehicles order acceleration, and motion that on the other hand vehicles bend can be described with physical quantity called a rudder angle of vehicles.

[0072]Generally, while a driver expects a running locus vehicles which he is operating now will run in a near future from this time, Speed of vehicles it runs along with the expected running locus is said to expect a vehicle position-speed relation which changes with the positions of that, and to operate vehicles.

[0073]That is, generally, a driver is operating so that a vehicle position-speed relation which

is the relation between a position of the vehicles on a locus in which vehicles run after this, and speed may be realized as desired.

[0074]And a driver will perform operation so that such a vehicle position-speed relation may be realized correctly as much as possible.

[0075]It can be said that this vehicle position-speed relation is a run parameter materialized common to vehicles which are two or more kinds from which it argues in a field independent of dynamic behavior of vehicles, and the dynamic exercise characteristic of vehicles differs.

[0076]And physical quantity indispensable to describe such a vehicle position-speed relation is with vehicles order acceleration and a rudder angle, for example.

[0077]The 1st target vehicle state quantity is having target vehicle state quantity about vehicles order acceleration, and target vehicle state quantity about a rudder angle of vehicles contained in a device concerning this paragraph based on such knowledge.

[0078]Therefore, according to this device, it becomes easy to rationalize vehicle position-speed relations, without sacrificing flexibility of a higher rank commanding part.

[0079]If it adds, a "vehicle position-speed relation" to this paragraph and each of following paragraphs can be grasped by position of vehicles it runs along with a running locus vehicles should run after this, for example as a vehicle position-time relation which changes in accordance with time. It is because both relation is convertible for relation between a position of vehicles, and time (passage time) equivalent if a position and speed of vehicles become clear.

(8) Said higher rank commanding part determines target vehicle state quantity which gave priority over stabilization of an action of said vehicles to vehicle position-speed-related rationalization which is the relation between a position of the vehicles on a running locus in which the vehicles run, and speed as said 1st target vehicle state quantity, and it said low rank commanding part, A unified type vehicle motion control device given in either [ which determines target vehicle state quantity which gave priority to stabilization of an action of said vehicles over rationalization vehicle position-speed-related / said / as said 2nd target vehicle state quantity based on the 1st determined target vehicle state quantity ] (1) thru/or (7) paragraphs.

[0080]There are a view of giving priority to rationalization vehicle position-speed-related [ above-mentioned ] as a view at the time of determining target vehicle state quantity which should be realized when controlling movement of vehicles, and a view of giving priority to stabilization of an action of vehicles.

[0081]And to adopt the latter view to not taking dynamic behavior of vehicles into consideration fundamentally when adopting the former view, it is required to take dynamic behavior of vehicles into consideration.

[0082]Therefore, target vehicle state quantity with which target vehicle state quantity determined as a basis of the former view was determined as a basis of the latter view to a thing with flexibility high to a kind of vehicles has a strong tendency in which one kind of

vehicles specialize.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-191774

(P2003-191774A)

(43) 公開日 平成15年7月9日(2003.7.9)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト <sup>7</sup> (参考)
B 6 0 K 41/00	Z Y Y 3 0 1	B 6 0 K 41/00	Z Y Y 3 D 0 0 1 3 0 1 A 3 D 0 3 2 3 0 1 D 3 D 0 4 1 3 0 1 F 3 D 0 4 6 3 0 1 G

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 36 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-395871(P2001-395871)

(22) 出願日 平成13年12月27日(2001. 12. 27)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 鯉淵 健

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 宮後 昇一

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

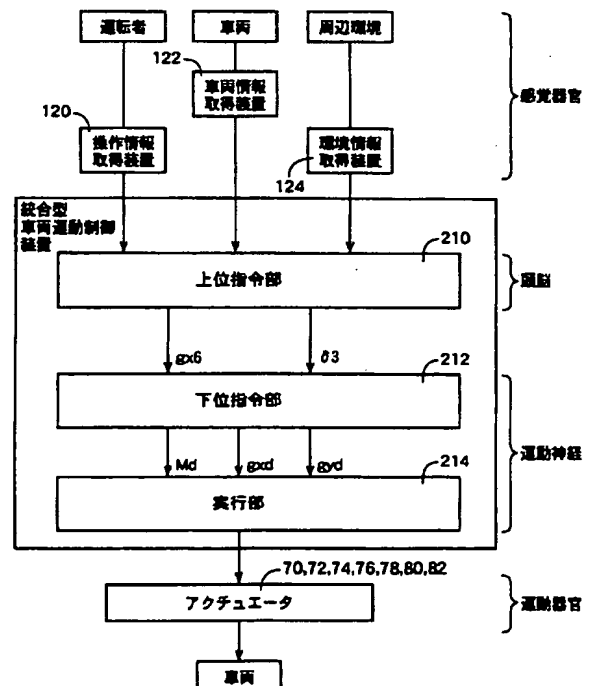
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 統合型車両運動制御装置

(57) 【要約】

【課題】車両において複数種類の運動制御を実行するために複数のアクチュエータを統合的に制御する装置のソフトウェア構成を適正に階層化し、それにより、その階層構造を実用性の観点から最適化する。

【解決手段】上記のソフトウェア構成を、(a) 運転関連情報に基づいて目標車両状態量を決定する指令部210、212と、(b) その決定された目標車両状態量を指令部から指令として受け取り、その受け取った指令を複数のアクチュエータ70ないし82のうちの少なくとも一つを介して実行する実行部214とを含むように階層化し、かつ、その指令部を、運転関連情報に基づき、車両の動的挙動を考慮しないで第1の目標車両状態量を決定する上位指令部210と、それから受け取った第1の目標車両状態量に基づき、車両の動的挙動を考慮して第2の目標車両状態量を決定する下位指令部212とを含むものとする。



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-191774

(P2003-191774A)

(43) 公開日 平成15年7月9日(2003.7.9)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

B 6 0 K 41/00

識別記号

Z Y Y

3 0 1

F I

B 6 0 K 41/00

テーマコード(参考)

Z Y Y 3 D 0 0 1

3 0 1 A 3 D 0 3 2

3 0 1 D 3 D 0 4 1

3 0 1 F 3 D 0 4 6

3 0 1 G

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 36 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-395871(P2001-395871)

(22) 出願日 平成13年12月27日(2001.12.27)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 鯉淵 健

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 宮後 昇一

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

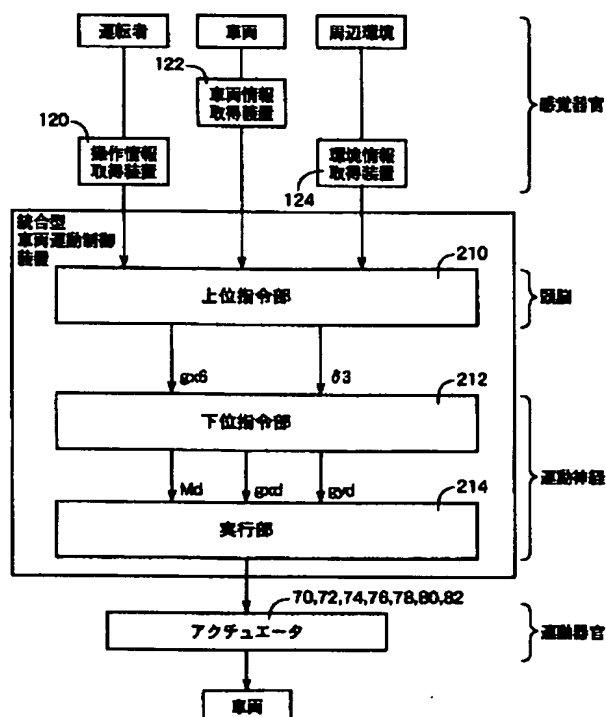
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 統合型車両運動制御装置

(57) 【要約】

【課題】車両において複数種類の運動制御を実行するために複数のアクチュエータを統合的に制御する装置のソフトウェア構成を適正に階層化し、それにより、その階層構造を実用性の観点から最適化する。

【解決手段】上記のソフトウェア構成を、(a)運転関連情報に基づいて目標車両状態量を決定する指令部210、212と、(b)その決定された目標車両状態量を指令部から指令として受け取り、その受け取った指令を複数のアクチュエータ70ないし82のうちの少なくとも1つを介して実行する実行部214とを含むように階層化し、かつ、その指令部を、運転関連情報に基づき、車両の動的挙動を考慮しないで第1の目標車両状態量を決定する上位指令部210と、それから受け取った第1の目標車両状態量に基づき、車両の動的挙動を考慮して第2の目標車両状態量を決定する下位指令部212とを含むものとする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 運転者による車両の運転に関連する運転関連情報に基づいて複数のアクチュエータをコンピュータによって統合的に制御することにより、前記車両において複数種類の車両運動制御を実行する統合型車両運動制御装置であって、

そのハードウェア構成とソフトウェア構成とのうちの少なくともソフトウェア構成が、前記運転者から前記複数のアクチュエータに向かう向きに階層化された複数の部分を含み、かつ、

それら複数の部分は、(a)上位において、前記運転関連情報に基づいて目標車両状態量を決定する指令部と、

(b)下位において、前記決定された目標車両状態量を前記指令部から指令として受け取り、その受け取った指令を前記複数のアクチュエータのうちの少なくとも1つを介して実行する実行部とを含み、かつ、

前記指令部は、各々が前記複数のアクチュエータを統合的に制御するための指令を発する上位指令部と下位指令部とを含み、かつ、その上位指令部は、前記運転関連情報に基づき、前記車両の動的挙動を考慮しないで第1の目標車両状態量を決定し、その決定された第1の目標車両状態量を前記下位指令部に供給し、一方、その下位指令部は、前記上位指令部から受け取った前記第1の目標車両状態量に基づき、前記車両の動的挙動を考慮して第2の目標車両状態量を決定し、その決定された第2の目標車両状態量を前記実行部に供給し、かつ、前記上位指令部、下位指令部および実行部は、それぞれ、ソフトウェア構成上互いに独立した複数のモジュールを前記コンピュータに実行させることにより、それぞれに与えられた固有の機能を実現する統合型車両運動制御装置。

【請求項2】 前記運転関連情報が、(a)前記運転者による運転操作に関する運転情報と、(b)前記車両の状態量に関する車両情報と、前記車両の周辺の環境であってその車両の運動に影響を及ぼすものに関する環境情報とのうちの少なくとも一方とを含む請求項1に記載の統合型車両運動制御装置。

【請求項3】 前記車両が、(a)前記運転者による運転操作に関する運転情報を取得する運転情報取得装置と、(b)前記車両の状態量に関する車両情報を取得する車両情報取得装置と、前記車両の周辺の環境であってその車両の運動に影響を及ぼすものに関する環境情報を取得する環境情報取得装置とのうちの少なくとも一方とを含み、

前記上位指令部が、(c)前記取得された運転情報と、

(d)前記取得された車両情報と、前記取得された環境情報とのうちの少なくとも一方とに基づいて前記第1の目標車両状態量を決定する請求項1または2に記載の統合型車両運動制御装置。

【請求項4】 前記上位指令部が、(a)前記取得され

た運転情報と、(b)前記取得された車両情報と、前記取得された環境情報とのうちの少なくとも一方とに基づき、やがて決定されるべき前記第1の目標車両状態量に関する複数の候補値を決定し、その決定された複数の候補値に基づき、予め定められた規則に従って、前記第1の目標車両状態量を決定する請求項3に記載の統合型車両運動制御装置。

【請求項5】 前記第1の目標車両状態量が、前記車両の前後加速度に関する目標車両状態量であり、

10 前記複数の候補値が、(a)前記取得された運転情報に対応する目標前後加速度と、(b)前記取得された車両情報と、前記取得された環境情報との少なくとも一方に対応する目標前後加速度とを含む請求項4に記載の統合型車両運動制御装置。

【請求項6】 前記第1の目標車両状態量が、前記車両の舵角に関する目標車両状態量であり、

20 前記複数の候補値が、(a)前記取得された運転情報に対応する目標舵角と、(b)前記取得された車両情報と、前記取得された環境情報とのうちの少なくとも一方に対応する目標舵角とを含む請求項4に記載の統合型車両運動制御装置。

【請求項7】 前記第1の目標車両状態量が、前記車両の前後加速度に関する目標車両状態量と、前記車両の舵角に関する目標車両状態量とを含む請求項1ないし6のいずれかに記載の統合型車両運動制御装置。

【請求項8】 前記上位指令部が、前記車両の挙動の安定化より、その車両が走行する走行軌跡上のその車両の位置と速度との関係である車両位置-速度関係の適正化を優先させた目標車両状態量を前記第1の目標車両状態量として決定し、

前記下位指令部が、その決定された第1の目標車両状態量に基づき、前記車両位置-速度関係の適正化より、前記車両の挙動の安定化を優先させた目標車両状態量を前記第2の目標車両状態量として決定する請求項1ないし7のいずれかに記載の統合型車両運動制御装置。

【請求項9】 前記上位指令部が、前記第1の目標車両状態量を、許容範囲内で変化し得る目標車両状態量として決定し、

40 前記下位指令部が、前記第2の目標車両状態量を、前記許容範囲内の任意の目標車両状態量として決定する請求項1ないし8のいずれかに記載の統合型車両運動制御装置。

【請求項10】 前記第1の目標車両状態量が、前記車両の前後加速度に関する目標車両状態量と、前記車両の舵角に関する目標車両状態量とを含み、かつ、前記上位指令部が、前記車両の前後加速度に関する目標車両状態量は、許容範囲内で変化し得る目標車両状態量として決定するが、前記車両の舵角に関する目標車両状態量は、許容範囲を有しない目標車両状態量として決定する請求項9に記載の統合型車両運動制御装置。

【請求項11】 前記上位指令部が、前記運転者の意思と、前記車両の周辺の環境であってその車両の運動に影響を及ぼすものの少なくとも一方に基づき、前記許容範囲の幅を変化させる請求項9または10に記載の統合型車両運動制御装置。

【請求項12】 前記上位指令部が、それに入力された情報に基づき、かつ、前記車両の動的挙動とは無関係にその車両の運動を簡易的に記述する簡易車両モデルに従い、前記第1の目標車両状態量を決定し、前記下位指令部が、それに入力された情報に基づき、かつ、前記車両の動的挙動が反映されるようにその車両の運動を、前記簡易車両モデルより正確に記述する精密車両モデルに従い、前記第2の目標車両状態量を決定する請求項1ないし11のいずれかに記載の統合型車両運動制御装置。

【請求項13】 前記実行部が、それに入力された情報に基づき、かつ、前記車両の車輪の運動を、その車輪に作用する前後力と横力と上下力とのうちの少なくとも前後力と横力とに関して記述する車輪モデルに従い、前記第2の目標車両状態量を実現するために前記複数のアクチュエータを制御すべき制御量を決定する請求項12に記載の統合型車両運動制御装置。

【請求項14】 前記上位指令部と下位指令部と実行部とのうちの少なくとも1つの各々が、それより上位の部分から入力された情報に基づき、かつ、前記車両の運動とその車両の車輪の運動とのうちの少なくとも一方を記述するモデルに従い、それより下位の部分に出力すべき情報を決定するとともに、そのモデルを、下位の部分に出力した情報の誤差に基づいて修正する請求項1ないし13のいずれかに記載の統合型車両運動制御装置。

【請求項15】 前記実行部が、前記下位指令部から前記複数のアクチュエータに向かう向きに階層化された複数の部分を含み、かつ、

それら複数の部分が、上位において、前記下位指令部から供給された第2の目標車両状態量を実現するために前記複数のアクチュエータを制御すべき制御量をそれら複数のアクチュエータに関して分配する分配部と、下位において、その分配部から供給された制御量の実現されるように前記複数のアクチュエータを制御する制御部とを含み、かつ、

前記分配部は、(a)上位において、前記複数のアクチュエータの全体に関して設けられ、前記下位指令部から供給された第2の目標車両状態量を実現するためにそれら複数のアクチュエータを制御すべき制御量をそれら複数のアクチュエータの全体に関して統合的に分配する上位分配部と、(b)下位において、前記複数のアクチュエータのうちの一部に関して設けられ、前記上位分配部から供給された制御量を前記一部のアクチュエータに分配する下位分配部とを含み、かつ、

前記制御部は、前記一部のアクチュエータに関しては、

前記下位分配部より下位において、各アクチュエータごとに設けられるが、残りのアクチュエータに関しては、前記上位分配部より下位において、各アクチュエータごとに設けられた複数の個別制御部を含み、かつ、前記上位分配部、下位分配部および制御部は、それぞれ、ソフトウェア構成上互いに独立した複数のモジュールを前記コンピュータに実行させることにより、それぞれに与えられた固有の機能を実現する請求項1ないし14のいずれかに記載の統合型車両運動制御装置。

【請求項16】 前記複数のアクチュエータが、各アクチュエータにより前記車両の各構成要素に作用させられる物理量の種類に応じて複数のグループに分類されており、前記下位分配部が、それら複数のグループのうち、それに属するアクチュエータの数が複数であるグループに関して設けられている請求項15に記載の統合型車両運動制御装置。

【請求項17】 前記複数のアクチュエータが、前記車両の車輪の前後力と横力と上下力とのうち少なくとも前後力と横力とを制御する複数の車輪関連アクチュエータを含み、前記上位分配部が、前記制御量を前記複数の車輪関連アクチュエータに、前記前後力に関する前後力成分と、前記横力に関する横力成分と、前記上下力に関する上下力成分とのうちの少なくとも前後力成分と横力成分を含むように分配する請求項15または16に記載の統合型車両運動制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、車両において複数種類の車両運動制御を実行するために複数のアクチュエータを統合的に制御する技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】最近、車両の運動を制御する運動制御装置を同じ車両に多種類搭載する傾向が増加している。しかし、種類が異なる運動制御装置は、それぞれによって実現される効果が互いに独立して車両に現れるとは限らず、相互に干渉する可能性がある。そのため、複数種類の運動制御装置を搭載するように車両を開発する場合には、それら運動制御装置間の連携・協調を十分に図ることが重要である。

【0003】例えば、ある車両の開発過程において、複数種類の運動制御装置を同じ車両に搭載することが必要である場合、それら運動制御装置を互いに独立して開発した後に、それら運動制御装置間の連携・協調を補完的にまたは追加的に実現することは可能である。

【0004】しかしながら、このような形で複数種類の運動制御装置を開発する場合には、それら運動制御装置間の連携・強調を図るために多くの手間と長い期間とが必要である。

【0005】車両に複数種類の運動制御装置を搭載する

10

20

30

40

50

形式として、それら運動制御装置が同じアクチュエータを共有する形式がある。この形式においては、それら運動制御装置が同時期に同じアクチュエータを作動させることが必要となったとき、このような競合をどのようにして解決するかという問題に直面する。

【0006】そして、前述のように、それら運動制御装置を互いに独立して開発した後にそれら運動制御装置間の連携・協調を補足的にまたは追加的に実現しようとする場合には、上述の問題を理想的に解決するのは困難である。現実には、それら運動制御装置のうちのいずれかを他より優先させるべく選択し、その選択された運動制御装置のみにそのアクチュエータを占有させることにより解決せざるを得ない場合がある。

【0007】これに対し、特開平5-85228号公報には、車両の運動を統合的に制御する技術の一従来例であって、車両全体の開発期間の短縮、ならびに車両の信頼性、使い勝手および修理し易さの向上を目的としてなされた技術が記載されている。

【0008】この従来例によれば、運転者と車両とから成るシステム全体が、運転者とアクチュエータとの間において、互いに階層化された複数の要素により構成されるとともに、運転者の意思が車両の運転特性に変換される際、上位の要素が下位の要素に対して要求する特性が、上位の要素から下位の要素に伝達される。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、この従来例によれば、上記システムが、そのハードウェア構成上の帰属関係に従って分類して階層化されるが、複数種類の運動制御を実行するソフトウェア構成が適正に階層化されるわけではない。以下、具体的に説明する。

【0010】前記特開平5-85228号公報の記載から解釈するに、制御機能、特に調整要素12、18および24の制御機能がマスターコントローラ100のプログラム構成として実現される。調整要素12は、運転者の意思を目標値に変換する要素であり、調整要素18は、調整要素12から入力された目標値を車輪トルクに変換する要素である。したがって、それら調整要素12と18とは階層構造を成している。

【0011】これに対し、調整要素24は、要素22から入力されたエンジントルクを実現するための信号を、エンジンの吸入空気量を制御するアクチュエータ要素28と、エンジンの燃料噴射量を制御するアクチュエータ要素30と、エンジンの点火時期を制御するアクチュエータ要素32とに出力する。このように、調整要素24は、そのすぐ上位の要素22が上述の調整要素12でも18でもないことから、それら調整要素12および18と共に階層構造を成しているわけではない。

【0012】また、ソフトウェア構成が真の意味において階層構造を成しているといえるためには、ソフトウェア構成中の複数の処理単位が互いに独立していることが

必要である。ここに「独立している」とは、各処理単位においてそのプログラムが他の処理単位のプログラムに依存せずにコンピュータにより実行可能であることを意味する。すなわち、各処理単位においてコンピュータにより実行されるプログラムは、それ自体で完結したプログラム、すなわち、モジュールであることが必要なのである。

【0013】これに対し、前記公報は、そのようなソフトウェア構成の階層構造、独立化およびモジュール化を一切開示していない。

【0014】以上説明した解釈を前記公報のFig. 1と併せて考察すると、この公報は、前記システムを構成する複数の要素を、ハードウェア要素であるかソフトウェア要素であるかを区別することなく、単に、それら要素間の帰属関係に従って分類して階層化する技術は開示しているが、前記システムのソフトウェア構成を適正に階層化する技術は開示していないといえる。

【0015】また、ソフトウェア構成を適正に階層化するためには、必要な処理内容については細分化を行い、それにより、ソフトウェア構成全体の実行効率を向上させることも必要である。

【0016】すなわち、この従来例においては、同じ車両において複数種類の運動制御を統合的に実行するソフトウェア構成を改善する余地が残されているのであり、そのような改善を行うことによって初めて、車両の運動を制御する複数のアクチュエータを統合的に制御する技術が実用上確立されることになる。

【0017】このような事情を背景とし、本発明は、車両において複数種類の運動制御を実行するための複数のアクチュエータを統合的に制御する装置のソフトウェア構成を適正に階層化し、それにより、その階層構造を実用性の観点から最適化することを課題としてなされたものである。

【0018】

【課題を解決するための手段および発明の効果】その課題は本発明によって解決される。本発明によれば、下記の各態様が得られる。

【0019】各態様は、項に区分し、各項に番号を付し、必要に応じて他の項の番号を引用する形式で記載する。これは、本明細書に記載の技術的特徴のいくつかおよびそれらの組合せのいくつかの理解を容易にするためであり、本明細書に記載の技術的特徴やそれらの組合せが以下の態様に限定されると解釈されるべきではない。

(1) 運転者による車両の運転に関連する運転関連情報に基づいて複数のアクチュエータをコンピュータによって統合的に制御することにより、前記車両において複数種類の車両運動制御を実行する統合型車両運動制御装置であって、そのハードウェア構成とソフトウェア構成とのうちの少なくともソフトウェア構成が、前記運転者から前記複数のアクチュエータに向かう向きに階層化

10

20

30

40

50



された複数の部分を含み、かつ、それら複数の部分は、  
 (a) 上位において、前記運転関連情報に基づいて目標  
 車両状態量を決定する指令部と、(b) 下位において、  
 前記決定された目標車両状態量を前記指令部から指令と  
 して受け取り、その受け取った指令を前記複数のアクチ  
 ュエータのうちの少なくとも1つを介して実行する実行  
 部とを含み、かつ、前記指令部は、各々が前記複数のア  
 クチュエータを統合的に制御するための指令を発する上  
 位指令部と下位指令部とを含み、かつ、その上位指令部  
 は、前記運転関連情報に基づき、前記車両の動的挙動を  
 考慮しないで第1の目標車両状態量を決定し、その決定  
 された第1の目標車両状態量を前記下位指令部に供給  
 し、一方、その下位指令部は、前記上位指令部から受け  
 取った前記第1の目標車両状態量に基づき、前記車両の  
 動的挙動を考慮して第2の目標車両状態量を決定し、そ  
 の決定された第2の目標車両状態量を前記実行部に供給  
 し、かつ、前記上位指令部、下位指令部および実行部  
 は、それぞれ、ソフトウェア構成上互いに独立した複数  
 のモジュールを前記コンピュータに実行させることによ  
 り、それぞれに与えられた固有の機能を実現する統合型  
 車両運動制御装置。

【0020】この装置によれば、そのハードウェア構  
 成とソフトウェア構成とのうちの少なくともソフトウェア  
 構成が、(a) 運転者から複数のアクチュエータに向  
 かう向きの上位において、運転関連情報に基づいて目標  
 車両状態量を決定する指令部と、(b) 下位において、  
 その決定された目標車両状態量を指令部から指令として  
 受け取り、その受け取った指令を複数のアクチュエータ  
 のうちの少なくとも1つを介して実行する実行部とを含  
 むように階層化される。

【0021】すなわち、この装置によれば、その少な  
 くともソフトウェア構成が、指令部と実行部とが互いに  
 分離されるように階層化されるのである。

【0022】後述のように、それら指令部と実行部と  
 は、ソフトウェア構成上互いに独立させられているた  
 め、各々については、他方に影響を与えることなく、開  
 発、設計、設計変更、デバック等の作業を行うことが可  
 能となり、両方についての作業を互いに並行して行うこ  
 とも可能となる。

【0023】したがって、本項に係る装置によれば、そ  
 の全体のソフトウェア構成に対して行うことが必要な  
 作業の期間を容易に短縮可能となる。

【0024】さらに、この装置によれば、指令部が、各  
 々が複数のアクチュエータを統合的に制御するための指  
 令を発する上位指令部と下位指令部とを含むものとされ  
 る。

【0025】その上位指令部は、運転関連情報に基づ  
 き、車両の動的挙動を考慮しないで第1の目標車両状態  
 量を決定し、その決定された第1の目標車両状態量を下  
 位指令部に供給するものとされる。

【0026】これに対し、その下位指令部は、上位指令  
 部から受け取った第1の目標車両状態量に基づき、車両  
 の動的挙動を考慮して第2の目標車両状態量を決定し、  
 その決定された第2の目標車両状態量を実行部に供給す  
 るものとされる。

【0027】すなわち、本項に係る装置によれば、指令  
 部が、車両の動的挙動を考慮しないで簡易に目標車両状  
 態量を決定する上位指令部と、車両の動的挙動を考慮し  
 て正確に目標車両状態量を決定する下位指令部とがそれ  
 らの順に互いに直列に並ぶように細分化されるのであ  
 る。

【0028】後述のように、それら上位指令部と下位指  
 令部とは、ソフトウェア構成上互いに独立させられてい  
 るため、各々については、他方に影響を与えることな  
 く、開発、設計、設計変更、デバック等の作業を行うこ  
 とが可能となり、両方についての作業を互いに並行して  
 行うことも可能となる。

【0029】したがって、本項に係る装置によれば、そ  
 の指令部のソフトウェア構成に対して行うことが必要  
 な作業の期間を容易に短縮可能となる。

【0030】ここに、「第1の目標車両状態量」と「第  
 2の目標車両状態量」との関係について説明すれば、前  
 述のように、第1の目標車両状態量は車両の動的挙動を  
 考慮しないで決定されるものであるのに対し、第2の目  
 標車両状態量は、その決定された第1の目標車両状態量  
 を基礎とした上で、車両の動的挙動を考慮して決定され  
 る。

【0031】ここに、「車両の動的挙動」とは、例え  
 ば、過渡的または非線形的な車両挙動を意味し、それを  
 取得するために比較的複雑な演算を必要とする概念であ  
 り、定常的または線形的な車両挙動を意味し、それを取  
 得するために比較的簡単な演算で足りる概念と対立する  
 概念である。

【0032】したがって、第1の目標車両状態量がその  
 まま実現されるように複数のアクチュエータを制御した  
 のでは車両の動的挙動の観点から適当ではない場合に  
 は、結果的に、その第1の目標車両状態量が修正されて  
 第2の目標車両状態量が決定されることになる。

【0033】それら第1および第2の目標車両状態量相  
 互の関係から前述の上位指令部および下位指令部相互  
 の関係を判断すれば、上位指令部と下位指令部とは、上  
 位指令部に下位指令部が完全に従属するという隷属的な関  
 係にあるというより、上位指令部が発した指令を必要に  
 応じて修正する権限が下位指令部に与えられているとい  
 う、不完全ではあるが独立的な関係にあるということが  
 できる。

【0034】ここに、「隷属的な関係」は、例えば、完  
 全な主従関係、または密な関係ということができ、一  
 方、「不完全ではあるが独立的な関係」は、例えば、部  
 分的な対等関係、または疎な関係ということができる。

【0035】さらに、本項に係る装置によれば、目標車両状態量が複数の段階を経て決定される。具体的には、最初の段階においては、車両の動的挙動に依存しないで決定され、次の段階においては、車両の動的挙動に依存して決定される。すなわち、それら複数の段階での決定は、最終的な目標車両状態量が供給される実行部に対して互いに並列の関係にあるのではなく、互いに直列の関係にあるのである。

【0036】したがって、この装置によれば、それら複数の段階での決定が実行部に対して互いに並列の関係にある場合のように、いずれかの目標車両状態量を選択することが必要にならずに済む。

【0037】さらに、この装置によれば、上位指令部により決定される第1の目標車両状態量は、車両の動的挙動に依存しないため、ある車両のために開発された上位指令部を、車両の動的運動特性が異なる別の種類の車両に、大きな設計変更を加えることなく、搭載することが可能となる。

【0038】したがって、この装置によれば、上位指令部の汎用性が向上し、種類が異なる車両に広く展開することが容易となる。

【0039】さらに、この装置によれば、上位指令部、下位指令部および実行部が、それぞれ、ソフトウェア構成上互いに独立した複数のモジュールを少なくとも1つのコンピュータに実行させることにより、それぞれに与えられた固有の機能を実現するものとされる。

【0040】すなわち、この装置によれば、上位指令部、下位指令部および実行部が、それぞれのモジュールを、他のモジュールから独立した状態で、コンピュータに実行させるものとされるのである。

【0041】なお付言すれば、本項に係る装置は、ソフトウェア構成を階層化して各部分を互いに独立させるのみならず、ハードウェア構成を階層化して各部分を互いに独立させるようにして実施することが可能である。

【0042】この場合、本項に係る装置の一実施態様においては、各部分ごとに専用のプロセッシング・ユニット（例えば、CPUを少なくとも1つ有するように構成される）が搭載され、各プロセッシング・ユニットにより各モジュールが実行されることになる。この実施態様においては、例えば、プロセッシング・ユニットの数によってコンピュータの数をカウントすることとすれば、専用のプロセッシング・ユニットが搭載される部分の数が複数であるから、当該装置全体としては、それに搭載されるコンピュータの数も複数であることになる。

【0043】なお付言すれば、ここに「ハードウェア構成を階層化して各部分を互いに独立させる」という表現は、各部分が外観上互いに独立している（すなわち分離している）ことを不可欠とする趣旨の表現ではなく、各部分における処理を担うプロセッシング・ユニットが他の部分のプロセッシング・ユニットから独立していれば

足りる趣旨の表現である。

【0044】本項における「運転関連情報」は、（a）運転者による運転操作に関する運転情報と、（b）車両の状態量に関する車両情報と、（c）車両の周辺環境であってその車両の運動に影響を及ぼすものに関する環境情報とのうちの少なくとも1つを含むように定義することが可能である。

【0045】ここに、「運転情報」は、例えば、車両を駆動するための駆動操作（加速操作と、減速操作とを含む）、車両を制動するためのブレーキ操作、車両を旋回させるための操舵、各種電装部品のスイッチ装置等に関する情報の少なくとも1つを含むように定義することが可能である。

【0046】また、「車両情報」は、例えば、車速、舵角、車体ヨーレート、車両の前後加速度、横加速度、上下加速度、タイヤ空気圧を含むタイヤ状態量、サスペンション状態量、エンジン回転数およびエンジン負荷を含むエンジン状態量、変速比を含む変速機状態量、ハイブリッド車両を含む電気自動車におけるモータの駆動時および回生時の状態量、バッテリーを含む車両電源の状態量等に関する情報の少なくとも1つを含むように定義することが可能である。

【0047】また、「環境情報」は、例えば、車両が走行している道路の状態量（例えば、表面性状、幾何学的特徴、地形的特徴等）に関する情報、車両のナビゲーションに関する情報、車両前方に存在する障害物に関する情報、外部から電波により受信した、車両の運動に関する情報等の少なくとも1つを含むように定義することが可能である。

【0048】車両においてアクチュエータが作動させられる場合には、その目的が車両運動制御であるか運転者の快適性制御（例えば、乗員室内の空調制御、照明制御、音響制御等）であるかを問わず、電力が消費される。車両において電力は無限ではないため、無駄な消費を可及的に抑えて車両全体のエネルギー需給バランスを統合的に管理することが望ましい。

【0049】このような知見に基づき、本項における「上位指令部」は、車両全体で消費されるエネルギー資源（電力または燃料を含む）の消費が可及的に節減されるように前記第1の目標車両状態量を決定する態様で実施可能である。

【0050】前述のように、本項に係る装置においては、上位指令部も下位指令部も目標車両状態量を決定する。そして、それら上位指令部および下位指令部はそれぞれのモジュールにおいて互いに独立しているため、モジュール上のフェイルがそれら上位指令部および下位指令部の一方に起こっても、そのことのみが原因で他方にモジュール上のフェイルが誘発されてしまうことはない。

【0051】このような知見に基づき、本項に係る「下

位指令部」は、上位指令部がフェイルした場合には、その上位指令部をバイパスし、前記運転関連情報に基づいて前記第2の目標車両状態量を決定する態様で実施可能である。

【0052】なお付言すれば、本項における「上位指令部」、「下位指令部」および「実行部」は、それぞれ、1つのモジュールのみをコンピュータにより実行する態様で構成したり、複数のモジュールのみをコンピュータにより実行する態様で構成することが可能である。

(2) 前記運転関連情報が、(a) 前記運転者による運転操作に関する運転情報と、(b) 前記車両の状態量に関する車両情報と、前記車両の周辺環境であってその車両の運動に影響を及ぼすものに関する環境情報とのうちの少なくとも一方とを含む(1)項に記載の統合型車両運動制御装置。

【0053】この装置においては、運転関連情報が、運転情報のみならず、それ以外の情報も含むこととなる。

【0054】したがって、この装置によれば、例えば、当該装置により運動制御を、運転者の運転技量の不足を補うように実行したり、運転者が容易には認識できないかまたは運転者が認識を怠った車両状態または車両周辺の環境の変化に車両運動が適合することとなるように実行することが可能となる。よって、この装置によれば、車両の安全性を向上させることが容易となる。

(3) 前記車両が、(a) 前記運転者による運転操作に関する運転情報を取得する運転情報取得装置と、

(b) 前記車両の状態量に関する車両情報を取得する車両情報取得装置と、前記車両の周辺環境であってその車両の運動に影響を及ぼすものに関する環境情報を取得する環境情報取得装置とのうちの少なくとも一方とを含み、前記上位指令部が、(c) 前記取得された運転情報と、(d) 前記取得された車両情報と、前記取得された環境情報とのうちの少なくとも一方に基づいて前記第1の目標車両状態量を決定する(1)または(2)項に記載の統合型車両運動制御装置。

【0055】この装置においては、上位指令部により第1の目標車両状態量が、運転情報のみならず、それ以外の情報をも考慮して決定される。

【0056】したがって、この装置によれば、例えば、前記(2)項に係る装置における同様な理由から、車両の安全性を向上させることが容易となる。

(4) 前記上位指令部が、(a) 前記取得された運転情報と、(b) 前記取得された車両情報と、前記取得された環境情報とのうちの少なくとも一方に基づき、やがて決定されるべき前記第1の目標車両状態量に関する複数の候補値を決定し、その決定された複数の候補値に基づき、予め定められた規則に従って、前記第1の目標車両状態量を決定する(3)項に記載の統合型車両運動制御装置。

【0057】この装置においては、やがて決定されるべ

き第1の目標車両状態量に関する複数の候補値であって運転情報とそれ以外の情報とを考慮して決定されたものに基づき、予め定められた規則に従って、第1の目標車両状態量が決定される。

【0058】したがって、この装置によれば、運転情報およびそれ以外の情報と、それらに基づいて決定されることとなる第1の目標車両状態量との間の対応関係が、上記の規則によって一義的に決まるから、その対応関係の内容に関し、簡明性および透明性が向上する。

【0059】よって、この装置によれば、上位指令部のソフトウェア構成の設計が容易になり、それに必要な期間を容易に短縮可能となる。

【0060】さらに、この装置によれば、上記の規則さえ変更すれば、上記の対応関係が変更されるから、上位指令部のソフトウェア構成のチューニングが容易になるとともに、ある車両のために開発された上位指令部を、別の種類の車両に搭載するために必要な設計変更を軽減することが容易となる。

【0061】この装置の一実施態様によれば、上位指令部が、前記決定された複数の候補値の中から1つを、予め定められた選択規則に従って選択することにより、前記第1の目標車両状態量を決定するものとされる。

(5) 前記第1の目標車両状態量が、前記車両の前後加速度に関する目標車両状態量であり、前記複数の候補値が、(a) 前記取得された運転情報に対応する目標前後加速度と、(b) 前記取得された車両情報と、前記取得された環境情報との少なくとも一方に対応する目標前後加速度とを含む(4)項に記載の統合型車両運動制御装置。

【0062】一般に、車両の基本的な動きは、走ること、止まること、および曲がることであるといわれる。したがって、運転者が車両を運転する場合にも、それらの基本的な動きを車両に実現させるために運転操作を行うこととなる。

【0063】そして、車両が走るという動きと止まるという動きは、車両の前後加速度という物理量によって記述することが可能である。

【0064】そのような知見に基づき、本項に係る装置においては、第1の目標車両状態量が、車両の前後加速度に関する目標車両状態量とされ、さらに、それに関する複数の候補値が、(a) 運転情報に対応する目標前後加速度と、(b) 車両情報と環境情報との少なくとも一方に対応する目標前後加速度とを含むものとされている。

【0065】したがって、この装置によれば、運転者に違和感を与えることなく、車両の駆動と制動とを適正に制御することが容易となる。

【0066】なお付言すれば、本項および下記の各項において「加速度」は、特に断りがない限り、正の加速度(狭義の加速度)と負の加速度(狭義の減速度)との双

10

20

30

40

50

方を含む。

(6) 前記第1の目標車両状態量が、前記車両の舵角に関する目標車両状態量であり、前記複数の候補値が、

(a) 前記取得された運転情報に対応する目標舵角と、

(b) 前記取得された車両情報と、前記取得された環境情報とのうちの少なくとも一方に対応する目標舵角とを含む(4)項に記載の統合型車両運動制御装置。

【0067】前述のように、車両の基本的な動きには、走ることおよび止まること以外に、曲がることも存在する。そして、車両が曲がるという動きは、車両の舵角と

【0068】そのような知見に基づき、本項に係る装置においては、第1の目標車両状態量が、車両の舵角に関する目標車両状態量とされ、さらに、それに関する複数の候補値が、(a) 運転情報に対応する目標前後加速度と、(b) 車両情報と環境情報との少なくとも一方に対応する目標前後加速度とを含むものとされている。

【0069】したがって、この装置によれば、運転者に違和感を与えることなく、車両の旋回を適正に制御することが容易となる。

【0070】なお付言すれば、本項および下記の各項において「舵角」は、一般に、前輪の向き(前輪舵角)として表現されるが、運転者により回転操作されるステアリングホイールの回転角(以下、「操舵角」という)に対応する物理量であることから、その操舵角を用いて表現することが可能である。

(7) 前記第1の目標車両状態量が、前記車両の前後加速度に関する目標車両状態量と、前記車両の舵角に関する目標車両状態量とを含む(1)ないし(6)項のいずれかに記載の統合型車両運動制御装置。

【0071】前述のように、車両の基本的な動きは、走ること、止まること、および曲がることである。さらに、前述のように、車両が走るという動きと止まるという動きは、車両の前後加速度という物理量によって記述することが可能であり、一方、車両が曲がるという動きは、車両の舵角という物理量によって記述することが可能である。

【0072】一般に、運転者は、自分が現在運転している車両が現時点から近い将来において走行することとなる走行軌跡を予想するとともに、その予想された走行軌跡に沿って走行する車両の速度がその位置によって変化する車両位置-速度関係を予想して車両を運転しているといわれる。

【0073】すなわち、一般に、運転者は、車両がこれから走行する軌跡上のその車両の位置と速度との関係である車両位置-速度関係が希望通りに実現されるように運転しているのである。

【0074】そして、運転者は、そのような車両位置-速度関係が可及的に正確に実現されるように運転操作を行うこととなる。

【0075】この車両位置-速度関係は、車両の動的挙動に依存しない領域において論じられるものであり、車両の動的運動特性が異なる複数種類の車両に共通に成立する走行パラメータであるといえる。

【0076】そして、そのような車両位置-速度関係を記述するのに最低限必要な物理量は、例えば、車両の前後加速度と舵角とである。

【0077】このような知見に基づき、本項に係る装置においては、第1の目標車両状態量が、車両の前後加速度に関する目標車両状態量と、車両の舵角に関する目標車両状態量とを含むものとされている。

【0078】したがって、この装置によれば、上位指令部の汎用性を犠牲にすることなく、車両位置-速度関係を適正化することが容易となる。

【0079】なお付言すれば、本項および下記の各項における「車両位置-速度関係」は、例えば、車両がこれから走行すべき走行軌跡に沿って走行する車両の位置が時間経過によって変化する車両位置-時間関係として把握することが可能である。車両の位置と速度とが判明すれば、両者の関係は、車両の位置と時間(通過時刻)との関係に等価的に変換可能であるからである。

(8) 前記上位指令部が、前記車両の挙動の安定化より、その車両が走行する走行軌跡上のその車両の位置と速度との関係である車両位置-速度関係の適正化を優先させた目標車両状態量を前記第1の目標車両状態量として決定し、前記下位指令部が、その決定された第1の目標車両状態量に基づき、前記車両位置-速度関係の適正化より、前記車両の挙動の安定化を優先させた目標車両状態量を前記第2の目標車両状態量として決定する

(1) ないし(7)項のいずれかに記載の統合型車両運動制御装置。

【0080】車両の運動を制御する際に実現すべき目標車両状態量を決定する際の考え方として、前述の車両位置-速度関係の適正化を優先させるという考え方と、車両の挙動の安定化を優先させるという考え方とがある。

【0081】そして、前者の考え方を採用する場合には、基本的には、車両の動的挙動を考慮せずに済むのに対し、後者の考え方を採用する場合には、車両の動的挙動を考慮することが必要である。

【0082】したがって、前者の考え方のもとに決定された目標車両状態量は、車両の種類に対して汎用性が高いのに対し、後者の考え方のもとに決定された目標車両状態量は、1種類の車両に特化される傾向が強い。

【0083】このような知見に基づき、本項に係る装置においては、上位指令部が、両の挙動の安定化より、その車両が走行する走行軌跡上のその車両の位置と速度との関係である車両位置-速度関係の適正化を優先させた目標車両状態量を第1の目標車両状態量として決定する。これに対し、下位指令部は、上位指令部により決定された第1の目標車両状態量に基づき、車両位置-速度

関係の適正化より、車両の挙動の安定化を優先させた目標車両状態量を第2の目標車両状態量として決定する。

(9) 前記上位指令部が、前記第1の目標車両状態量を、許容範囲内で変化し得る目標車両状態量として決定し、前記下位指令部が、前記第2の目標車両状態量を、前記許容範囲内の任意の目標車両状態量として決定する(1)ないし(8)項のいずれかに記載の統合型車両運動制御装置。

【0084】前記(1)ないし(8)項のいずれかに係る装置においては、上位指令部により第1の目標車両状態量が、車両の挙動の安定化より、その車両の走行軌跡上のその車両の位置と速度との関係である車両位置-速度関係の適正化を優先させて決定されるため、車両の挙動の不安定性が高いことが原因でその車両の挙動を安定化させることが車両安全性の確保の観点から重要である場合には、下位指令部により第2の目標車両状態量が、車両の挙動を安定化させるのに適するように決定されることとなる。

【0085】このような状況から判断しても、前述のように、上位指令部と下位指令部とは、上位指令部に下位指令部が完全に従属するという隷属的な関係にあるというより、上位指令部が発した指令を必要に応じて修正する権限が下位指令部に与えられているという、不完全ではあるが独立的な関係にあるということが出来る。

【0086】しかし、上位指令部が第1の目標車両状態量を、幅を持たない値として決定し、それを下位指令部に供給する場合には、上位指令部が第1の目標車両状態量を、幅を持つ値として決定し、それを下位指令部に供給する場合に比較すれば、下位指令部が上位指令部に従属させられる傾向は強いと考えられる。

【0087】一方、運転者の運転技量や車両環境の判断能力が不足していたなどの理由により、車両の挙動の安定性がかなり低下してしまった場合には、運転者の運転操作を修正するなどの意味において、上位指令部よりむしろ下位指令部が主導的に目標車両状態量を決定し、実行部を介して複数のアクチュエータを統合的に制御することが強く要請されると考えられる。

【0088】以上説明した知見に基づき、本項に係る装置においては、上位指令部が、第1の目標車両状態量を、許容範囲内で変化し得る目標車両状態量として決定する。これに対し、下位指令部は、第2の目標車両状態量を、その許容範囲内の任意の目標車両状態量として決定する。

【0089】この装置によれば、目標車両状態量の決定に関して上位指令部に与えられる権限に対し、下位指令部に与えられる権限を相対的に増加させることが容易となる。

【0090】その結果、この装置によれば、例えば、運転者の運転技量や車両環境の判断能力が不足しているにもかかわらず、車両の挙動の安定性については車両の安全

性を向上させることが容易となる。

(10) 前記第1の目標車両状態量が、前記車両の前後加速度に関する目標車両状態量と、前記車両の舵角に関する目標車両状態量とを含み、かつ、前記上位指令部が、前記車両の前後加速度に関する目標車両状態量は、許容範囲内で変化し得る目標車両状態量として決定するが、前記車両の舵角に関する目標車両状態量は、許容範囲を有しない目標車両状態量として決定する(9)項に記載の統合型車両運動制御装置。

【0091】前述のように、前記(9)項に係る装置によれば、目標車両状態量の決定に関して上位指令部に与えられる権限に対し、下位指令部に与えられる権限を相対的に増加させることが容易となる。

【0092】前記(9)項に係る装置は、第1の目標車両状態量が、車両の前後加速度に関する目標車両状態量と、車両の舵角に関する目標車両状態量とを含む態様で実施することが可能である。

【0093】さらに、この態様は、車両の前後加速度に関する目標車両状態量と、車両の舵角に関する目標車両状態量とのいずれも、幅を持つ値として下位指令部に供給される形態で実施することが可能である。

【0094】しかし、下位指令部に入力される目標車両状態量に幅を持たせるということは、車両の実際の運動が運転者の運転操作から遠ざかる傾向が強められることを意味する。この傾向は場合によっては、車両の安全性向上という観点から望ましいであろうが、場合によっては、車両の実際の運動に対して運転者が違和感を抱くという事態を招きかねない。

【0095】そして、このような事態を招く可能性は、車両の前後加速度に関する目標車両状態量に幅を持たせた場合に比較し、車両の舵角に関する目標車両状態量に幅を持たせた場合の方が高いと考えられる。

【0096】以上説明した知見に基づき、本項に係る装置においては、第1の目標車両状態量が、車両の前後加速度に関する目標車両状態量と、車両の舵角に関する目標車両状態量とを含み、かつ、上位指令部が、車両の前後加速度に関する目標車両状態量は、許容範囲内で変化し得る目標車両状態量として決定するが、車両の舵角に関する目標車両状態量は、許容範囲を有しない目標車両状態量として決定するものとされている。

【0097】したがって、この装置によれば、運転者に与える違和感を抑制しつつ、下位指令部の権限を上位指令部の権限に対する相対的に強化することが容易になる。

【0098】この装置の一実施態様によれば、上位指令部が、車両の前後加速度に関する目標車両状態量を、それが車両の加速を意味する場合には、許容範囲内で変化し得る目標車両状態量として決定するが、車両の減速を意味する場合には、許容範囲を有しない目標車両状態量として決定するものとされる。

【0099】この実施態様によれば、車両を減速させることが必要である場合に、目標前後加速度の大きさが、それが許容範囲を有するときに比較して忠実に下位指令部および実行部により実現される傾向が強くなり、その結果、車両の安全性を向上させることが容易となる。

(11) 前記上位指令部が、前記運転者の意思と、前記車両の周辺の環境であってその車両の運動に影響を及ぼすものの少なくとも一方に基づき、前記許容範囲の幅を変化させる(9)または(10)項に記載の統合型車両運動制御装置。

【0100】この装置によれば、上位指令部により決定される第1の目標車両状態量の許容範囲の幅を、運転者の意思(例えば、運転者の好みを反映したもの)と、車両の周辺の環境であってその車両の運動に影響を及ぼすもの(例えば、その車両が走行している道路の表面状態や屈曲状態(例えば、屈曲の程度や屈曲の頻度))との少なくとも一方に基づいて変化させることが可能となる。

【0101】したがって、この装置によれば、その許容範囲の幅を、それが固定である場合とは異なり、運転者の意思と車両周辺の環境との少なくとも一方との変化に追従させることにより、運転者の意思と車両周辺の環境との少なくとも一方との関係において常に適正化することが容易となる。

(12) 前記上位指令部が、それに入力された情報に基づき、かつ、前記車両の動的挙動とは無関係にその車両の運動を簡易的に記述する簡易車両モデルに従い、前記第1の目標車両状態量を決定し、前記下位指令部が、それに入力された情報に基づき、かつ、前記車両の動的挙動が反映されるようにその車両の運動を、前記簡易車両モデルより正確に記述する精密車両モデルに従い、前記第2の目標車両状態量を決定する(1)ないし(11)項のいずれかに記載の統合型車両運動制御装置。

【0102】この装置においては、結局、車両の運動を記述する車両モデルが2種類用いられて最終的な目標車両状態量が決定される。

【0103】したがって、この装置によれば、各種類の車両モデルの構成を、車両モデルを1種類のみ用いて最初から最終的な目標車両状態量を決定する場合に比較して容易に単純化することが可能となる。

【0104】さらに、この装置においては、簡易車両モデルが、それが使用される車両の動的挙動に依存せずに定義される。

【0105】したがって、この装置によれば、複数種類の車両に対する簡易モデルの汎用性を容易に向上させることが可能となる。

【0106】なお付言すれば、本項および下記の各項における「モデル」は、車両の運動(例えば、車輪の運動を含む)をコンピュータ上で何らかの手法で表現するものであれば足りる。

【0107】したがって、「モデル」は、車両の構造を幾何学的に単純化して再現することにより、車両の運動をシミュレートする形式であることは不可欠ではなく、例えば、車両の運動を単純な数式やテーブルにより記述する形式としたり、車両の運動を、それが置かれている状況に応じて成立する少なくとも1つの条件により記述する形式とすることが可能である。

(13) 前記実行部が、それに入力された情報に基づき、かつ、前記車両の車輪の運動を、その車輪に作用する前後力と横力と上下力とのうちの少なくとも前後力と横力とに関して記述する車輪モデルに従い、前記第2の目標車両状態量を実現するために前記複数のアクチュエータを制御すべき制御量を決定する(12)項に記載の統合型車両運動制御装置。

【0108】上位指令部および下位指令部においては、基本的には、車両の運動をその車両全体として着目すれば、目標車両状態量を決定するのに足りる。

【0109】これに対し、実行部は、直接的には、複数のアクチュエータを制御し、間接的には、車両における各車輪に作用する力を制御し、究極的に、車両の運動を制御する。

【0110】したがって、実行部は、下位指令部から供給された第2の目標車両状態量を実現するために複数のアクチュエータを制御すべき制御量を決定するに際し、車輪の運動を記述する車輪モデルを用いることが考えられる。

【0111】そして、一般に、車輪に作用する力は、前後力と横力と上下力とに分解されて観察される。したがって、車輪モデルは、車輪の前後力と横力と上下力とに関して車輪の運動を記述することが不可欠のようであるが、アクチュエータによる現実の制御能力を考慮すると、車両が置かれている運動状態の如何を問わずにアクチュエータによって車輪の上下力を顕著に変化させることは技術的に困難である。

【0112】以上説明した知見に基づき、本項に係る装置においては、実行部が、それに入力された情報に基づき、かつ、車両の車輪の運動を、その車輪に作用する前後力と横力と上下力とのうちの少なくとも前後力と横力とに関して記述する車輪モデルに従い、第2の目標車両状態量を実現するために複数のアクチュエータを制御すべき制御量を決定するものとされている。

【0113】したがって、この装置によれば、アクチュエータの制御能力との関係において無駄がない形で車輪モデルを定義して、複数のアクチュエータの制御量を決定することが可能となる。

(14) 前記上位指令部と下位指令部と実行部とのうちの少なくとも1つの各々が、それより上位の部分から入力された情報に基づき、かつ、前記車両の運動とその車両の車輪の運動とのうちの少なくとも一方を記述するモデルに従い、それより下位の部分に出力すべき情報を

10

20

30

40

50



決定するとともに、そのモデルを、下位の部分に出力した情報の誤差に基づいて修正する（１）ないし（１３）項のいずれかに記載の統合型車両運動制御装置。

【０１１４】上位指令部と下位指令部と実行部とのそれぞれにおいては、特定のモデルを用いて必要な情報を決定する場合、そのモデルを不変なモデルとして定義することは可能である。

【０１１５】しかし、そのモデルが記述する対象、すなわち、車両の運動または車輪の運動や、そのモデルを用いて決定された情報と車両の運動または車輪の運動との間の媒介が変化を伴う場合がある。そのような変化が存在するにもかかわらずモデルを固定的に定義したのでは、モデルは、それが記述する対象および媒介の実際を忠実に再現することができない。

【０１１６】ここに、「媒介が伴う変化」は、例えば、その媒介としてのアクチュエータ自体の性能の変化があり、さらに、その媒介としての、アクチュエータにより作動させられる作動対象の性能の変化がある。その作動対象の一例はブレーキであり、この例においては、そのブレーキにおける摩擦材の摩擦係数が変化を伴う可能性がある。また、その作動対象の別の例はエンジンであり、この例においては、そのエンジンの出力特性が気温や気圧等の環境パラメータに起因する変化を伴う可能性がある。

【０１１７】このような事情を背景にして、本項に係る装置においては、上位指令部と下位指令部と実行部とのうちの少なくとも１つの各々が、それより上位の部分から入力された情報に基づき、かつ、車両の運動とその車両の車輪の運動とのうちの少なくとも一方を記述するモデルに従い、それより下位の部分に出力すべき情報を決定するとともに、そのモデルを、下位の部分に出力した情報の誤差に基づいて修正するものとされている。

【０１１８】したがって、この装置によれば、モデルが記述する対象または媒介の経時変化にもかかわらず、それら対象または媒介をモデルに常に忠実に再現させることが可能となる。

【０１１９】そして、このようなモデルの修正機能が付加されれば、そのモデルを用いて作成された情報の精度を向上させ、ひいては、車両の運動の制御精度を向上させることが容易となる。

（１５） 前記実行部が、前記下位指令部から前記複数のアクチュエータに向かう向きに階層化された複数の部分を含み、かつ、それら複数の部分が、上位において、前記下位指令部から供給された第２の目標車両状態量を実現するために前記複数のアクチュエータを制御すべき制御量をそれら複数のアクチュエータに関して分配する分配部と、下位において、その分配部から供給された制御量が実現されるように前記複数のアクチュエータを制御する制御部とを含み、かつ、前記分配部は、（ａ）上位において、前記複数のアクチュエータの全体に関して

設けられ、前記下位指令部から供給された第２の目標車両状態量を実現するためにそれら複数のアクチュエータを制御すべき制御量をそれら複数のアクチュエータの全体に関して統合的に分配する上位分配部と、（ｂ）下位において、前記複数のアクチュエータのうちの一部に関して設けられ、前記上位分配部から供給された制御量を前記一部のアクチュエータに分配する下位分配部とを含み、かつ、前記制御部は、前記一部のアクチュエータに関しては、前記下位分配部より下位において、各アクチュエータごとに設けられるが、残りのアクチュエータに関しては、前記上位分配部より下位において、各アクチュエータごとに設けられた複数の個別制御部を含み、かつ、前記上位分配部、下位分配部および制御部は、それぞれ、ソフトウェア構成上互いに独立した複数のモジュールを前記コンピュータに実行させることにより、それぞれに与えられた固有の機能を実現する（１）ないし（１４）項のいずれかに記載の統合型車両運動制御装置。

【０１２０】１種類の目標車両状態量の実現に複数種類のアクチュエータの制御が必要となる場合がある。この場合には、その目標車両状態量を実現するために複数種類のアクチュエータの全体によって実現すべき制御量（以下、「全体制御量」という）をそれら複数種類のアクチュエータに分配することが必要となる。

【０１２１】このような事情を背景にして、本項に係る装置においては、実行部が、下位指令部から複数のアクチュエータに向かう向きに階層化された複数の部分を含むものとされている。

【０１２２】しかも、この装置においては、それら複数の部分が、（ａ）上位において、下位指令部から供給された第２の目標車両状態量を実現するために複数のアクチュエータを制御すべき制御量をそれら複数のアクチュエータに関して分配する分配部と、（ｂ）下位において、その分配部から供給された制御量が実現されるように複数のアクチュエータを制御する制御部とを含むものとされている。

【０１２３】すなわち、この装置によれば、その実行部のソフトウェア構成が、分配部と制御部とが互いに分離されるように階層化されるのである。

【０１２４】後述のように、それら分配部と制御部とは、ソフトウェア構成上互いに独立させられているため、各々については、他方に影響を与えることなく、開発、設計、設計変更、デバック等の作業を行うことが可能となり、両方についての作業を互いに並行して行うことも可能となる。

【０１２５】前述の全体制御量においては一般に、制御の末端に位置する複数のアクチュエータに一段階で分配できる部分もあれば、複数段階を経ないと分配できない部分もある。

【０１２６】後者の部分については、最初から全体制御

10

20

30

40

50

量から最終的な個別制御量（各種類のアクチュエータに個別に対応する制御量）が分配されるのではなく、例えば、最初の段階では、全体制御量から中間的な制御量が分配され、次の段階では、その中間的な制御量から個別制御量が分配されることになる。

【0127】このような事情を背景にして、本項に係る装置においては、分配部が、（a）上位において、複数のアクチュエータの全体に関して設けられ、下位指令部から供給された第2の目標車両状態量を実現するためにそれら複数のアクチュエータを制御すべき制御量をそれら複数のアクチュエータの全体に関して統合的に分配する上位分配部と、（b）下位において、複数のアクチュエータのうちの一部に関して設けられ、上位分配部から供給された制御量を前記一部のアクチュエータに分配する下位分配部とを含むものとされている。

【0128】すなわち、この装置によれば、その分配部のソフトウェア構成が、上位分配部と下位分配部とが互いに分離されるように階層化されるのである。

【0129】後述のように、それら上位分配部と下位分配部とは、ソフトウェア構成上互いに独立させられているため、各々については、他方に影響を与えることなく、開発、設計、設計変更、デバック等の作業を行うことが可能となり、両方についての作業を互いに並行して行うことも可能となる。

【0130】さらに、本項に係る装置においては、制御部が、前記一部のアクチュエータに関しては、下位分配部より下位において、各アクチュエータごとに設けられるが、残りのアクチュエータに関しては、上位分配部より下位において、各アクチュエータごとに設けられた複数の個別制御部を含むものとされている。

【0131】以上の説明から明らかなように、この装置は、その少なくともソフトウェア構成に関し、運転者から複数のアクチュエータに向かう向きに、上位指令部、下位指令部、上位分配部、下位分配部および制御部がソフトウェア構成上互いに独立して互いに直列に並ぶように階層化されているのである。

【0132】したがって、この装置によれば、その全体の少なくともソフトウェア構成の階層化の程度が従来より進化した、その結果、処理内容の分業化および各処理単位の独立性が強化される。

【0133】なお付言すれば、本項における「上位分配部」、「下位分配部」および「制御部」は、それぞれ、1つのモジュールのみをコンピュータにより実行する態様で構成したり、複数のモジュールのみをコンピュータにより実行する態様で構成することが可能である。

（16）前記複数のアクチュエータが、各アクチュエータにより前記車両の各構成要素に作用させられる物理量の種類に応じて複数のグループに分類されており、前記下位分配部が、それら複数のグループのうち、それに属するアクチュエータの数が複数であるグループに関し

て設けられている（15）項に記載の統合型車両運動制御装置。

（17）前記複数のアクチュエータが、前記車両の車輪の前後力と横力と上下力とのうち少なくとも前後力と横力とを制御する複数の車輪関連アクチュエータを含み、前記上位分配部が、前記制御量を前記複数の車輪関連アクチュエータに、前記前後力に関する前後力成分と、前記横力に関する横力成分と、前記上下力に関する上下力成分とのうちの少なくとも前後力成分と横力成分とを含むように分配する（15）または（16）項に記載の統合型車両運動制御装置。

【0134】この装置においては、車輪に成立する力学に従い、前記制御量が複数の車輪関連アクチュエータに、前後力に関する前後力成分と、横力に関する横力成分と、上下力に関する上下力成分とのうちの少なくとも前後力成分と横力成分とを含むように分配される。

【0135】したがって、この装置によれば、制御量の複数の車輪関連アクチュエータへの分配が、車輪に成立する力学に従って行われるから、各車輪関連アクチュエータが実現すべき個別制御量の精度が向上し、ひいては、車両の運動を制御する精度も向上する。

【0136】

【発明の実施の形態】以下、本発明のさらに具体的な実施の形態の1つを図面に基づいて詳細に説明する。

【0137】図1には、本発明の一実施形態に従う統合型車両運動制御装置のハードウェア構成がブロック図で概念的に示されている。この統合型車両運動制御装置（以下、単に「運動制御装置」という）は車両に搭載されている。

【0138】その車両は、その前後左右にそれぞれ車輪10を備えている。図1において「f l」は左前輪、「f r」は右前輪、「r l」は左後輪、「r r」は右後輪をそれぞれ示している。

【0139】この車両は、動力源としてエンジン（内燃機関）14を備えている。このエンジン14の運転状態は、運転者によるアクセルペダル（加速操作部材の一例である）20の操作量に応じて電氣的に制御される。エンジン14の運転状態は、また、必要に応じ、運転者によるアクセルペダル20の操作（以下、「駆動操作」または「加速操作」という）とは無関係に自動的に制御される。

【0140】このようなエンジン14の電気制御は、例えば、図示しないが、エンジン14の吸気マニホールド内に配置されたスロットルバルブの開度（すなわち、スロットル開度）の電気制御により実現したり、エンジン14の燃焼室に噴射される燃料の量の電気制御により実現することが可能である。

【0141】なお付言すれば、この車両が電気自動車である場合には、動力源はモータとされ、これに対し、ハイブリッド電気自動車である場合には、動力源はエンジ



ンとモータとの組合せとされる。

【0142】この車両は、左右前輪が転動輪、左右後輪が駆動輪である後輪駆動式である。そのため、エンジン14は、トルクコンバータ22、トランスミッション24、プロペラシャフト26およびデファレンシャル28と、各後輪と共に回転するドライブシャフト30とをそれらの順に介して各後輪に連結されている。トルクコンバータ22、トランスミッション24、プロペラシャフト26およびデファレンシャル28は、左右後輪に共通の伝達要素である。

【0143】トランスミッション24は、図示しない自動変速機を備えている。この自動変速機は、エンジン14の回転速度をトランスミッション24のアウトプットシャフトの回転速度に変速する際の変速比を電氣的に制御する。

【0144】車両は、運転者により回転操作されるステアリングホイール44を備えている。そのステアリングホイール44には、操舵反力付与装置48により、運転者による回転操作（以下、「操舵」という）に応じた反力が操舵反力として電氣的に付与される。その操舵反力の大きさは電氣的に制御可能とされている。

【0145】左右前輪の向きすなわち前輪舵角は、フロントステアリング装置50によって電氣的に変化させられる。フロントステアリング装置50は、運転者によりステアリングホイール44が回転操作された角度すなわち操舵角に基づいて前輪舵角を制御し、また、必要に応じ、その回転操作とは無関係に自動的に前輪舵角を制御する。すなわち、本実施形態においては、ステアリングホイール44と左右前輪とが機械的には絶縁されているのである。

【0146】左右後輪の向きすなわち後輪舵角も、前輪舵角と同様に、リヤステアリング装置52によって電氣的に変化させられる。

【0147】各車輪10には、その回転を抑制するために作動させられるブレーキ56が設けられている。各ブレーキ56は、運転者によるブレーキペダル（ブレーキ操作部材の一例である）58の操作量に応じて電氣的に制御され、また、必要に応じ、自動的に各車輪10ごとに個別に制御される。

【0148】この車両においては、各車輪10が、各サスペンション62を介して車体（図示しない）に懸架されている。各サスペンション62の懸架特性は、個別に電氣的に制御可能となっている。

【0149】以上説明した車両の各構成要素は、それを電氣的に作動させるために作動させられるアクチュエータを備えている。以下、図23を参照しつつ、具体的に列挙する。

(1) エンジン14を電氣的に制御するためのアクチュエータ70

(2) トランスミッション24を電氣的に制御するため

のアクチュエータ72

(3) 操舵反力付与装置48を電氣的に制御するためのアクチュエータ74

(4) フロントステアリング装置50を電氣的に制御するためのアクチュエータ76

(5) リヤステアリング装置52を電氣的に制御するためのアクチュエータ78

(6) 各ブレーキ56に個別に関連して設けられ、各ブレーキ56により各車輪10に加えられる制動トルクを個別に電氣的に制御するための複数のアクチュエータ80（図23には1つのみが代表的に示されている）

(7) 各サスペンション62に個別に関連して設けられ、各サスペンション62の懸架特性を個別に電氣的に制御するための複数のアクチュエータ82（図23には1つのみが代表的に示されている）

図1に示すように、前記運動制御装置は、以上説明した複数のアクチュエータ70ないし82に接続された状態で車両に搭載されている。この運動制御装置は、図示しないバッテリー（車両電源の一例である）から供給される電力により作動させられる。

【0150】図2には、その運動制御装置のハードウェア構成がブロック図で概念的に表されている。この運動制御装置は、コンピュータ90を主体として構成されている。コンピュータ90は、よく知られているように、プロセッシング・ユニット（以下、「PU」という）92とROM（メモリの一例である）94とRAM（メモリの一例である）96とがバス98により互いに接続されることによって構成されている。

【0151】PU92は、図4に示す上位指令部210と下位指令部212と実行部214とについてそれぞれ1つずつ割り当てられたCPU（図示しない）を合計3つ備えている。それら3つのCPUは、ROM94とRAM96とを共有している。したがって、本実施形態においては、上位指令部210と下位指令部212と実行部214とが、PU92に関して互いに独立させられている。

【0152】ただし、各CPUごとに専用のROM94とRAM96とを有するようにすることが可能であり、そのようにした場合には、上位指令部210と下位指令部212と実行部214とが、PU92に関してのみならずROM94およびRAM96に関しても互いに独立させられることとなる。

【0153】PU92を1つのCPUから構成し、その1つのCPUを上位指令部210と下位指令部212と実行部214とに共通に割り当てることも可能である。

【0154】また、上位指令部210と下位指令部212と実行部214とのうちの少なくとも1つの各々に、複数のCPUを割り当てて、厳密な意味での並列処理を行うようにすることも可能である。

【0155】この運動制御装置は、さらに、入力インタ

ーフェース100と出力インターフェース102とをバス98に接続された状態で備えている。この運動制御装置は、入力インターフェース100を介して後述の各種センサ等に接続され、一方、出力インターフェース102を介して前述の各種アクチュエータに接続されている。

【0156】図3には、ROM94の構成が概念的に表されている。これについては後に詳述する。

【0157】図4には、前記運動制御装置のソフトウェア構成が概念的にブロック図で表されている。同図には、さらに、この運動制御装置に接続される各種機器も示されている。

【0158】図4に示すように、この運動制御装置は、その入力側、すなわち、情報の主な流れの上流側において、運転者と、その運転者により運転される車両と、その車両の周辺環境とに関連付けられている。

【0159】運転者の操作情報は、操作情報取得装置120により取得されてこの運動制御装置に入力される。車両の状態を表す車両情報は、車両情報取得装置122により取得されてこの運動制御装置に入力される。周辺環境を表す環境情報は、環境情報取得装置124により取得されてこの運動制御装置に入力される。

【0160】この運動制御装置は、必要な情報をそれら操作情報取得装置120、車両情報取得装置122および環境情報取得装置124から随時取り込むことが可能である。さらに、この運動制御装置は、その複数の処理部（上位指令部210、下位指令部212および実行部214の総称）のいずれかにおいて取得された情報を別の処理部において利用することも可能である。

【0161】図5には、操作情報取得装置120を構成する各種センサおよび各種スイッチが示されている。以下、具体的に列記する。

#### （1）駆動操作関係

・アクセル操作ストロークセンサ130：運転者によるアクセルペダル20の操作ストローク（回転角度または開度で表現される場合もある）を検出するセンサ

#### （2）ブレーキ操作関係

・ブレーキ操作力センサ134：運転者によるブレーキペダル58の操作力を検出するセンサ

・ブレーキ操作ストロークセンサ136：運転者によるブレーキペダル58の操作ストロークを検出するセンサ

#### （3）操舵関係

・操舵角センサ140：運転者によるステアリングホイール44の回転角（操舵角）を検出するセンサ

・操舵トルクセンサ142：運転者によりステアリングホイール44に加えられた操舵トルクを検出するセンサ

#### （4）各種スイッチ

・車速・車間距離制御スイッチ146：運転者により、後述の車速・車間距離制御を許可するために操作されるスイッチ

・レーンキープスイッチ148：運転者により、後述のレーンキープ制御を許可するために操作されるスイッチ  
・推奨車速ガイダンススイッチ150：運転者により、後述の推奨車速ガイダンス制御を許可するために操作されるスイッチ

図6には、車両情報取得装置122を構成する各種機器が示されている。以下、具体的に列記する。

#### （1）加速度関係

・前後加速度センサ160：車両の前後加速度を検出するセンサ

・横加速度センサ162：車両の横加速度（基本的には、車両重心点に作用する横加速度）を検出するセンサ

・上下加速度センサ164：各車輪10と車体との間における相対的な上下加速度を検出するセンサ

#### （2）速度関係

・車速センサ168：車両の走行速度である車速を検出するセンサ

・車輪速度センサ170：各車輪10の回転速度である車輪速度を検出するセンサ

・ヨーレートセンサ172：車両重心点まわりの車体のヨーレート（ヨー角速度）を検出するセンサ

#### （3）パワートレイン関係

・エンジン回転数センサ176：エンジン14の回転数を検出するセンサ

・アウトプットシャフト回転数センサ177：トルクコンバータ22のアウトプットシャフトの回転数を検出するセンサ

#### （4）その他の検出機器

・タイヤ空気圧センサ178：各車輪10のタイヤの空気圧を検出するセンサ

・路面スラント推定装置180：車両が走行している路面のスラント角（特に車両横方向におけるスラント角）を推定する装置

なお付言すれば、この路面スラント推定装置180は、例えば、車両情報取得装置122に属するセンサの一部、すなわち、横加速度センサ162、車輪速度センサ170、ヨーレートセンサ172等からの信号に基づいてスラント角を推定するものとすることが可能である。

【0162】図7には、環境情報取得装置124を構成する各種機器が示されている。以下、具体的に列記する。

#### （1）前方監視レーダ装置190

これは、車両の前方に存在する対象物（先行車、障害物等を含む）の、車両からの距離、位置等をレーダにより監視する装置である。

#### （2）前方監視カメラ装置192

これは、車両の前方の画像（道路、先行車、障害物等を含む）をカメラにより監視する装置である。

#### （3）ナビゲーションシステム194

これは、地球上または地図上における車両の現在位置を

確認したり、地図上の道路に沿って車両を誘導するシステムである。

#### (4) 通信システム 196

これは、車両が現在走行しているかまたはこれから走行しようとしている道路の表面性状（例えば、路面 $\mu$ ）や地形的特徴（例えば、道路形状）に関する環境情報や、その道路について法定された制限速度、一時停止位置等の環境情報（道路交通法に基づく情報）を無線で受信するシステムである。

【0163】この通信システム 196 は、さらに、自車 10 において推定された各種情報を他車、情報管理局等の外部に送信する機能を有するように設計することが可能である。自車において推定される各種情報は、例えば、自車が走行してきたかまたは走行している道路の路面 $\mu$ に関する情報や、自車が走行することが推奨される走行軌跡に関する情報を含むように定義することが可能である。

【0164】図 4 に示すように、前記運動制御装置のソフトウェア構成は、上述の操作情報取得装置 120、車両情報取得装置 122 および環境情報取得装置 124 から複数のアクチュエータ 70 ないし 82 に向かう向きに、上位指令部 210、下位指令部 212 および実行部 214 がそれらの順に互いに直列に並ぶように階層化されて構成されている。

【0165】図 3 に示すように、ROM 94 には、上位指令部 210 に関連して、上位指令部用モジュールが記憶されている。さらに、ROM 94 には、下位指令部 212 に関連して、下位指令部用モジュールが記憶されている。さらにまた、ROM 94 には、実行部 214 に関連して実行部用モジュールが記憶されているが、これについては後述する。

【0166】なお付言すれば、1つのモジュールは、1つのフローを実現するプログラム単位を1つしか有しないように構成したり、そのプログラム単位を複数有するように構成することが可能である。例えば、上位指令部用モジュールは、後述の、目標前後加速度演算、目標舵角演算、および選択をそれぞれ実行する複数のプログラム単位を含むように構成することが可能である。

【0167】そして、本実施形態においては、各種モジュールが、上位指令部 210 と下位指令部 212 と実行部 214 とに関して互いに独立して PU 92 により実行されるようになっている。

【0168】ここで、この運動制御装置ならびにそれに連携させられた取得装置 120、122、124 およびアクチュエータ 70 ないし 82 の機能を人間の機能と対比して概念的に説明すれば、図 4 に示すように、取得装置 120、122、124 は、人間の感覚器官に似た機能を果たす部分、上位指令部 210 は人間の頭脳に似た機能を果たす部分、下位指令部 212 および実行部 214 は人間の運動神経に似た機能を果たす部分、そして、

アクチュエータ 70 ないし 82 は人間の運動器官に似た機能を果たす部分である。

【0169】図 8 には、上位指令部 210 のソフトウェア構成が機能に着目して分類されてブロック図で示されている。

【0170】上位指令部 210 は、次の部分を含むように構成されている。

(1) 目標前後加速度演算部 220：図 3 に示す目標前後加速度演算モジュールに対応する部分であって、車両について択一されるべき複数の目標前後加速度  $g \times 1$  ないし  $g \times 5$  を演算する部分

(2) 目標舵角演算部 222：図 3 に示す目標舵角演算モジュールに対応する部分であって、車両について択一されるべき複数の目標舵角  $\delta 1$  および  $\delta 2$  を演算する部分

(3) 選択部 224：図 3 に示す 2 つの選択モジュールの一方に対応する部分であって、上記複数の目標前後加速度の中から 1 つを目標前後加速度  $g \times 6$  として選択する部分

(4) 選択部 226：上記 2 つの選択モジュールの他方に対応する部分であって、上記複数の目標舵角の中から 1 つを目標舵角  $\delta 3$  として選択する部分

目標前後加速度演算部 220 は、次の 3 つの信号処理部 240、242、244 を備えている。

(1) 信号処理部 240

これは、操作情報取得装置 120 からの信号をコンピュータ 90 により処理可能な信号に変換する部分である。

(2) 信号処理部 242

これは、車両情報取得装置 122 からの信号をコンピュータ 90 により処理可能な信号に変換する部分である。

【0171】この信号処理部 242 は、図 9 に示すように、タイヤ状態判定部 250 を備えている。これは、タイヤ空気圧センサ 178、車輪速度センサ 170 等からの信号に基づき、各車輪 10 のタイヤの状態（例えば、空気圧、表面性状等）が異常であるか否かを判定する部分である。

【0172】信号処理部 242 は、さらに、図 9 に示すように、前進・後退・停止判定部 252 を備えている。これは、車輪速度センサ 170 からの信号に基づき、車両が現在、前進中であるか、後退中であるか、停止中であるかを判定する部分である。

【0173】この前進・後退・停止判定部 252 においては、例えば、4 つの車輪すべてについて車輪速度が 0 であれば、車両が停止中にあると判定され、4 つの車輪のうちの少なくとも 1 つについて車輪速度が正であれば、車両が前進中にあると判定され、4 つの車輪のうちの少なくとも 1 つについて車輪速度が負であれば、車両が後退中にあると判定される。

【0174】信号処理部 242 は、さらに、図 9 に示すように、旋回判定部 254 を備えている。これは、操舵

角センサ140、ヨーレートセンサ172等からの信号に基づき、車両が現在、旋回中にあるか否かを判定する部分である。

【0175】この旋回判定部254においては、例えば、操舵角の絶対値が0でない設定値（例えば、30度）より大きいか、または、ヨーレートの絶対値が0でない設定値（例えば、5度/秒）である場合には、車両が旋回中にあると判定され、そうでない場合には、車両が旋回中にはないと判定される。

### (3) 信号処理部244

これは、図8に示すように、環境情報取得装置124からの信号をコンピュータ90により処理可能な信号に変換する部分である。

【0176】この信号処理部244は、図10に示すように、推奨走行軌跡演算部256を備えている。これは、車両が、走行中の各地点から設定時間T0秒後までにその車両が走行することが推奨される推奨走行軌跡を演算する部分である。

【0177】ここに、設定時間T0は、例えば、車両を現在車速から設定減速度（例えば、 $-2.0\text{ m/s}^2$ ）のもとに減速させた場合にその車両が停止するまでにかかる時間として計算することが可能である。また、後述の演算手法により、時間と共に変化する目標減速度のもとに車両を減速させた場合にその車両が停止するまでにかかる時間として計算することも可能である。

【0178】この推奨走行軌跡演算部256においては、例えば、推奨走行軌跡が、前方監視カメラ装置192により撮影された車両前方画像と、ナビゲーションシステム194により取得された車両の現在位置と、その車両が現在走行している道路のうち、車両走行中の各地点から設定時間T0秒後までにその車両が通過すると予想される部分の地形的形状（直線路であるか曲線路であるか等）とに基づいて演算される。

【0179】推奨走行軌跡は、基本的には、車両が現在走行している道路中の走行レーンの中央線として定義される。

【0180】信号処理部244は、さらに、図10に示すように、基準停止距離演算部257を備えている。これは、車両の減速度が設定値（例えば、 $-3.0\text{ m/s}^2$ ）を超えない範囲で車両が減速して停止できる距離を基準停止距離として演算することが可能である。また、後述の演算手法により、時間と共に変化する目標減速度のもとに車両を減速させた場合にその車両が停止するまでにかかる時間として計算することも可能である。

【0181】この基準停止距離演算部257においては、例えば、通信システム196、後述の車両状態量推定部等から、車両が現在走行しているかまたはこれから走行しようとしている道路の路面μ情報（摩擦係数、ドライアスファルト路であるかウェットアスファルト路であるか雪道であるか圧雪路であるかアイスバーンである

か砂利道であるか等）が取り込まれる。

【0182】この基準停止距離演算部257においては、さらに、例えば、通信システム196、ナビゲーションシステム194、前方監視カメラ装置192等から、車両が現在走行しているかまたはこれから走行しようとしている道路の各地点における曲率半径（道路形状の一例である）に関する情報が取り込まれる。

【0183】そして、この基準停止距離演算部257においては、例えば、それら取り込まれた路面μ情報と曲率半径情報とに基づき、次の演算手法に従って、車両が現在車速から減速して停止できる距離が基準停止距離として演算される。その演算手法は、前記説明中の2か所において言及されたものと同じである。

### (1) 現在の状態の演算

現在の路面についての路面μ（上記路面μ情報により表される）と現在の車速Vとに基づき、車両の現在の横加速度GYと目標前後加速度GXとが演算される。

【0184】現在の横加速度GYは、現在の車速Vの二乗を車両の現在の旋回半径R（上記曲率半径情報または前記操舵角により取得できる）で割り算した計算値として取得されるか、または、横加速度センサ162の検出値として取得される。

【0185】そのようにして演算された横加速度GYが、路面μの半分（路面μ情報の誤差等を見込んでその路面μより低く設定された設定値の一例である）かまたは限界値（例えば、 $3.0\text{ m/s}^2$ ）を上回っている場合には、現在の目標前後加速度GXが、 $\min(\sqrt{(0.8 \cdot \mu \cdot 9.8)^2 - GY^2}, 3.0)$

とされる。一方、上回っていない場合には、現在の目標前後加速度GXが、

0

とされる。

【0186】ただし、上記のルート記号内の数値が負になり、演算不能である場合には、現在の目標前後加速度GXが、

設定減速度（例えば、 $-1.0\text{ m/s}^2$ ）

とされる。

### (2) 5ms（演算間隔の一例）後の状態の演算

現在より5ms後の車速V5が次式で推定される。

$$V5 = V + GX \cdot 0.005$$

さらに、5ms後の車両の、現在位置からの進行方向距離L5が、

$$L5 = V \cdot 0.005$$

なる式により演算される。

【0188】さらにまた、5ms後の車両の横加速度GY5が、車両の現在位置から進行方向距離L5だけ離れた地点の道路曲率半径をR5とすることにより、次式により推定される。

$$GY5 = V5^2 / R5$$

10

20

30

40

50

その演算された推定横加速度  $G Y 5$  に基づき、(1) の場合と同様にして、5 ms 後の目標前後加速度  $G Y 5$  が決定される。

(3) 10 ms 後の状態の演算

現在より 10 ms 後の車速  $V 10$  が次式で推定される。

$$【0190】 V 10 = V 5 + G X 5 \cdot 0.005$$

さらに、10 ms 後の車両の、現在位置からの進行方向距離  $L 10$  が、

$$L 10 = L 5 + V 5 \cdot 0.005$$

なる式により演算される。

【0191】さらにまた、10 ms 後の車両の横加速度  $G Y 10$  が、車両の現在位置から進行方向距離  $L 10$  だけ離れた地点の道路曲率半径を  $R 10$  とすることにより、次式により推定される。

$$【0192】 G Y 10 = V 10^2 / R 10$$

その演算された推定横加速度  $G Y 10$  に基づき、(1) の場合と同様にして、10 ms 後の目標前後加速度  $G X 10$  が決定される。

(4)  $5 \cdot n$  [ms] ( $n$ : 演算サイクル数  $> 3$ ) 後の状態の演算

現在より  $5 \cdot n$  [ms] 後の車速  $V (5 \cdot n)$  が次式で推定される。

$$【0193】 V (5 \cdot n) = V (5 \cdot (n-1)) + G X (5 \cdot (n-1)) \cdot 0.005$$

さらに、 $5 \cdot n$  [ms] 後の車両の、現在位置からの進行方向距離  $L (5 \cdot n)$  が、

$$L (5 \cdot n) = L (5 \cdot (n-1)) + V (5 \cdot (n-1)) \cdot 0.005$$

なる式により演算される。

【0194】さらにまた、 $5 \cdot n$  [ms] 後の車両の横加速度  $G Y (5 \cdot n)$  が、車両の現在位置から進行方向距離  $L (5 \cdot n)$  だけ離れた地点の道路曲率半径を  $R (5 \cdot n)$  とすることにより、次式により推定される。

$$【0195】$$

$$G Y (5 \cdot n) = V (5 \cdot n)^2 / R (5 \cdot n)$$

その演算された推定横加速度  $G Y (5 \cdot n)$  に基づき、

(1) の場合と同様にして、 $5 \cdot n$  [ms] 後の目標前後加速度  $G X (5 \cdot n)$  が決定される。

(5) 上記の各演算サイクルは、車速  $V (5 \cdot n)$  が 0 になるまで、すなわち、車両が停止するまで繰り返される。そのときの距離 ( $5 \cdot n$ ) が前記基準停止距離とされる。

【0196】なお付言すれば、各演算サイクルにおいて使用する路面  $\mu$  は、各演算サイクルごとに外部から取り込むことが可能であるが、それほど頻繁には変化しないという事実を考慮し、例えば、演算サイクルの周期より長い設定時間 (例えば、1 秒、数秒) おきに外部から取り込むことも可能である。

【0197】以上説明した演算手法によれば、車両が停止するまでの各地点における車速、進行方向距離、前後

加速度および横加速度がすべて事前に予測されるため、上記基準停止距離の演算という用途のみならず、路面  $\mu$  などによって物理的に決まる車両限界を超えない範囲において、将来のある地点においてある要求を車両が実現するために現在その車両に対して行うべき制御を事前にかつ正確に予測し、それに従ってその車両の車速を制御するという用途にも容易に対応可能となる。

【0198】信号処理部 244 は、さらに、図 10 に示すように、推奨車速取得部 258 を備えている。これは、通信システム 196 が無線で受信した、車外からの信号に基づき、車両が現在走行しているかまたはこれから走行しようとしている道路について法定された制限速度、一時停止位置等の交通情報を取得し、さらに、その取得された情報に基づき、運転者が交通規則を遵守するために実車速が超えないことが推奨される値を推奨車速として演算する部分である。

【0199】図 8 に示すように、目標前後加速度演算部 220 は、前記複数の目標前後加速度を演算するために、 $g x 1$  演算部 260 と、 $g x 2$  演算部 262 と、運転補助制御部 264 とを備えている。

【0200】 $g x 1$  演算部 260 は、操作情報取得装置 120 により取得されたアクセル操作ストロークとブレーキ操作力とを選択的に用いて目標前後加速度  $g x 1$  を演算する。

【0201】具体的には、 $g x 1$  演算部 260 は、アクセル操作ストロークが 0 より大きく、かつ、ブレーキ操作力が 0 である場合 (駆動操作時) には、アクセル操作ストローク  $a c c$  に基づき、かつ、例えば図 11 にグラフで示すような関係に従い、目標前後加速度  $g x 1$  を演算する。

【0202】これに対し、ブレーキ操作力が 0 より大きい場合 (ブレーキ操作時) には、 $g x 1$  演算部 260 は、ブレーキ操作力  $b r$  に基づき、かつ、例えば図 12 にグラフで示すような関係に従い、目標前後加速度  $g x 1$  を演算する。

【0203】一方、 $g x 2$  演算部 262 は、前記推奨走行軌跡と前記路面  $\mu$  情報とに基づき、目標前後加速度  $g x 2$  を演算する。

【0204】この  $g x 2$  演算部 262 においては、前述した、基準停止距離を演算するための前後加速度の演算手法と同じ手法により、推奨走行軌跡のうち基準停止距離に対応する部分につき、各地点において車両に発生させ得る前後加速度が前後加速度  $g x 2$  として決定される。

【0205】前記運転補助制御部 264 は、本来であれば運転者が行うべき運転操作を代行したり、運転者の運転技量、判断能力、注意力等の不足を補って車両の安全性を向上させることを目的として、前述の複数のアクチュエータ 70 ないし 82 のうち適当なものを選択して自動的に制御するための部分である。

【0206】図13には、運転補助制御部264により実現される機能がブロック図で示されている。以下、具体的に列記する。

(1) 運転代行

・車速・車間距離制御システム270

これは、運転者による設定車速と一致するように実車速を制御するシステムであり、そのような車速制御のために必要な前後加速度を目標前後加速度  $g \times 4$  として演算する。

【0207】この車速・車間距離制御システム270においては、さらに、前方監視レーダ装置190からの信号に基づき、自車両を先行車に追従して減速させたり、設定車速を超えない範囲で先行車に追従して加速させたり、先行車に追従して発進させたり、先行車に追従して停止させる車間距離制御（追従走行制御）も行われる。

【0208】ここで、車速・車間距離制御システム270が目標前後加速度  $g \times 4$  を演算する原理の一例を説明する。

【0209】この車速・車間距離制御システム270においては、前記推奨走行軌跡のうち前記基準停止距離に対応する部分上に先行車または障害物が存在するか否かが判定される。存在する場合には、自車両が将来、先行車または障害物の現在位置に到達することが予想される予想到達時期に自車両の実車速が先行車または障害物の速度（例えば、障害物が土地に固着されている場合には、その速度は零となる）と一致することとなるように自車両を現在車速から減速させることが想定される。

【0210】この車速・車間距離制御システム270においては、そのように想定された減速中、自車両が現時点から上記予想到達時期までの間、設置時間間隔（例えば、5ms）ごとに、前述した、基準停止距離を演算するための前後加速度の演算法と同じ手法を用いることにより、各地点における車両の前後加速度が目標前後加速度  $g \times 4$  として決定される。

【0211】すなわち、この目標前後加速度  $g \times 4$  は、先行車または障害物との衝突を回避するために実現することが必要な前後加速度として決定されるのである。

【0212】・推奨車速ガイダンスシステム272

これは、車両の実車速が前記推奨車速から大きく外れないようにアクチュエータを制御するシステムであり、そのような機能の実現に必要な前後加速度を目標前後加速度  $g \times 3$  として演算する。

【0213】この推奨車速ガイダンスシステム272においては、例えば、車両の現在車速が推奨車速より高い場合には、目標前後加速度  $g \times 3$  が減速側の設定値（例えば、 $-2.0 \text{ m/s}^2$ ）として決定される。これに対し、推奨車速とほぼ一致している場合には、 $0 \text{ m/s}^2$  として決定される。また、推奨車速より低い場合には、加速側の設定値（例えば、 $2.0 \text{ m/s}^2$ ）として決定される。

【0214】・自動緊急ブレーキシステム274

これは、前方監視レーダ装置190、前方監視カメラ装置192、通信システム196等からの信号に基づき、車両を緊急に停止させることが必要であるか否かを判定し、その必要がある場合には、車両が停止するようにアクチュエータを制御するシステムであり、そのような機能の実現に必要な前後加速度を目標前後加速度  $g \times 5$  として演算する。

【0215】この自動緊急ブレーキシステム274においては、例えば、車両を緊急に停止させることが必要であると判定した場合には、目標前後加速度  $g \times 5$  が減速側の設定値（例えば、 $-12.0 \text{ m/s}^2$ ）として決定される。これに対し、その必要がない場合には、目標前後加速度  $g \times 5$  が0以上の設定値（例えば、 $2.0 \text{ m/s}^2$ ）として決定される。

【0216】図4に示すように、目標舵角演算部222は、 $\delta 1$  演算部280と運転補助制御部282とを備えている。

(1)  $\delta 1$  演算部280

これは、前記操舵角  $\theta$  に基づいて目標舵角（前輪舵角の目標値） $\delta 1$  を演算する部分である。目標舵角  $\delta 1$  は、操舵角  $\theta$  を固定値としてのステアリングギヤ比で割り算することにより演算したり、車速等の車両状態量に感応する可変値としてのステアリングギヤ比で割り算することにより演算することが可能である。

【0217】なお付言すれば、本実施形態においては、左右前輪とステアリングホイール44とを互いに機械的に連結するステアリングギヤが実在しないが、実在するステアリングギヤが仮想されて前輪舵角  $\delta$  と操舵角  $\theta$  との関係（比）が記述されている。

(2) 運転補助制御部282

これは、主に、本来であれば運転者が行うべき運転操作を代行するために複数のアクチュエータを制御するための部分である。

【0218】図14に示すように、この運転補助制御部282はレーンキープシステム286を備えている。

【0219】このレーンキープシステム206は、車両が前記目標前後加速度  $g \times 4$  のもとに前記推奨走行軌跡をトレースするために実現することが必要な目標舵角  $\delta 2$  を前記基準停止距離の長さにわたって演算するシステムである。

【0220】ここで、レーンキープシステム286が目標舵角  $\delta 2$  を演算する原理の一例を説明する。

【0221】車両が推奨走行軌跡をトレースする各時期における目標車速  $V_d$  は、その演算間隔を  $t_0$  とし、かつ、現在車速を  $V_0$  とすれば、次式で表される。

【0222】 $V_d(n) = V(n-1) + g \times 4 \cdot t_0$   
ただし、「 $(n)$ 」という添字は、演算回数を表し、車両が前記基準停止距離の長さにわたって走行する間、1  
ずつインクリメントされる。

【0223】また、車両の各時期  $t$  における位置  $X$ 、 $Y$  は、原点を  $X0$ 、 $Y0$  とする直交座標系  $X-Y$  上においては、次式で表される。

$$X(t) = X0 + V \cdot \int \cos(\beta + ya) dt$$

$$Y(t) = Y0 + V \cdot \int \sin(\beta + ya) dt$$

ただし、

$X$ ：車両横方向に平行な  $X$  軸上の座標値

$Y$ ：車両前後方向に平行な  $Y$  軸上の座標値

$\beta$ ：車体横スリップ角

$ya$ ：車両のヨー角（ヨーレートを時間に関して積分すれば取得できる） 10

ここに、車体スリップ角  $\beta$  はほぼ 0 であるという前提を適用すると、結局、車両の各時期  $n$  における位置  $X(n)$ 、 $Y(n)$  は、次式で表される。

$$【0224】X(n) = X(n-1) + V(n) \cdot \cos(ya) \cdot t0$$

$$Y(n) = Y(n-1) + V(n) \cdot \sin(ya) \cdot t0$$

これらの式は、前述の車両位置－速度関係の一例を表している。

【0225】また、車両の各時期  $n$  におけるヨー角  $ya(n)$  は、次式で表される。

$$【0226】ya(n) = ya(n-1) + t0 \cdot V(n) \cdot \delta(n) / L \cdot (1 + Kh \cdot V(n)^2)$$

ただし、

$\delta$ ：車両舵角すなわち前輪舵角

$Kh$ ：スタビリティファクタ（既知）

$L$ ：車両のホイールベース（既知）

したがって、車両が基準停止距離の長さにわたって走行する間の各時期  $n$  における目標舵角  $\delta 2$  は、路面スラント推定装置 180 により推定された路面スラント角  $sa$  を考慮すれば、次式で表される。

$$【0227】\delta(n) = (ya(n) - ya(n-1)) \cdot (1 + Kh \cdot V(n)^2) \cdot L / (t0 \cdot V(n)) - L \cdot Kh \cdot sa$$

この式は、車両の挙動を定常的にかつ線形の範囲で記述する 2 輪モデルを表現する式である。その 2 輪モデルは、車両の動的挙動ではなく静的挙動を記述する形式のモデルである。

【0228】なお付言すれば、車両が走行するレーンを推奨走行軌跡上にキープするために必要な操舵角  $\delta$  が例えば 90 度であるというように大きい値であった場合には、レーンキープをレーンキープシステム 286 に依存するのではなく、運転者に依存させた方が適切である。

【0229】しかし、車両走行中に、すぐ次の瞬間においてレーンキープに必要な操舵角  $\delta$  が通常よりかなり大きくなってしまふことが判明したときに突然、レーンキープシステム 286 によるレーンキープ制御をキャンセルするのは、運転者に不快感を与える可能性がある。

【0230】そこで、車両の将来の走行軌跡をある程度 50

長い範囲内で予測し、レーンキープのために大きな操舵角  $\delta$  が必要になる時期が将来到来することが判明した時点、すなわち、大きな操舵角  $\delta$  が必要になる時期のかなり手前で、将来、レーンキープ制御がキャンセルされる可能性があることを運転者に警告しておけば、運転者はそのことを覚悟しながら運転することになり、レーンキープ制御の実際のキャンセル時に運転者に不快感を与えずに済む。

【0231】以上のようにして演算された 5 つの目標前後加減速度  $gx1$  ないし  $gx5$  は、図 8 に示すように、選択部 224 に供給される。この選択部 224 は、前述のように、それら 5 つの目標前後加減速度  $gx1$  ないし  $gx5$  のうち適当なものを目標前後加減速度  $gx6$  として選択するが、その選択は予め定められた選択規則に従って行われる。

【0232】この選択規則を設定する際の基本的な考え方は次のようである。

(1) 運転者により車速・車間距離制御スイッチ 146 が操作され、それにより、車速・車間距離制御の実行を運転者が許可した場合 20

この場合には、駆動操作時であるかブレーキ操作時であるかを問わず、運転者の運転操作が優先されるように目標前後加減速度の選択が行われる。

(2) 運転者により推奨車速ガイダンススイッチ 150 が操作され、それにより、推奨車速ガイダンス制御の実行を運転者が許可した場合

この場合には、駆動操作時とブレーキ操作時とで選択の基準が異なる。

【0233】a. 駆動操作時

実車速が推奨車速以下であれば、運転者の運転操作が優先されるように目標前後加減速度の選択が行われるが、推奨車速より高い場合には、推奨車速が実現されるように目標前後加減速度の選択が行われる。

【0234】b. ブレーキ操作時

実車速が推奨車速以下であるか否かを問わず、運転者の運転操作が優先されるように目標前後加減速度の選択が行われる。

(3) 自動緊急ブレーキシステム 274 が車両を緊急に停止させることが必要であると判定した場合

この場合、駆動操作時であっても、車両の緊急停止が実現されるように目標前後加減速度の選択が行われる。また、ブレーキ操作時には、運転者のブレーキ操作を反映する減速度と、自動緊急ブレーキシステム 274 が演算した目標前後加減速度  $gx5$ （この場合には、狭義の減速度を意味する）とのうち、絶対値が大きい方が目標前後加減速度  $gx6$  として選択される。

【0235】以上、選択規則を概念的に説明したが、以下、具体的に説明する。

(1) 車速・車間距離制御スイッチ 146 が操作され、かつ、推奨車速ガイダンススイッチ 150 も操作されて



いる場合

a. ブレーキ操作力が0より大きいとき

$$g \times 6 = \min (g \times 1, g \times 2, g \times 3, g \times 4, g \times 5)$$

b. ブレーキ操作力が0であり、かつ、アクセル操作ストロークが0より大きいとき

$$g \times 6 = \min (\max (g \times 1, g \times 2, g \times 4), g \times 3, g \times 5)$$

c. ブレーキ操作力もアクセル操作ストロークも0であるとき

$$g \times 6 = \min (g \times 2, g \times 3, g \times 4, g \times 5)$$

(2) 車速・車間距離制御スイッチ146は操作されているが、推奨車速ガイダンススイッチ150は操作されていない場合

a. ブレーキ操作力が0より大きいとき

$$g \times 6 = \min (g \times 1, g \times 2, g \times 4, g \times 5)$$

b. ブレーキ操作力が0であり、かつ、アクセル操作ストロークが0より大きいとき

$$g \times 6 = \min (\max (g \times 1, g \times 2, g \times 4), g \times 3, g \times 5)$$

c. ブレーキ操作力もアクセル操作ストロークも0であるとき

$$g \times 6 = \min (g \times 2, g \times 4, g \times 5)$$

ただし、

$\min ( , )$  : 括弧内における複数の数値のうちの最小値

$\max ( , )$  : 括弧内における複数の数値のうちの最大値

(3) 車速・車間距離制御スイッチ146は操作されていないが、推奨車速ガイダンススイッチ150は操作されている場合

a. ブレーキ操作力が0より大きいとき

$$g \times 6 = \min (g \times 1, g \times 3, g \times 5)$$

b. ブレーキ操作力が0であり、かつ、アクセル操作ストロークが0より大きいとき

$$g \times 6 = \min (g \times 1, g \times 3, g \times 5)$$

c. ブレーキ操作力もアクセル操作ストロークも0であるとき

$$g \times 6 = \min (g \times 3, g \times 5)$$

(4) 車速・車間距離制御スイッチ146も推奨車速ガイダンススイッチ150も操作されていない場合

$$g \times 6 = \min (g \times 1, g \times 5)$$

前述のようにして演算された2つの目標舵角 $\delta 1$ および $\delta 2$ は、図8に示すように、選択部226に供給される。この選択部226は、前述のように、それら2つの目標舵角 $\delta 1$ および $\delta 2$ のうち適当なものを目標舵角 $\delta 3$ として選択するが、その選択は予め定められた選択規則に従って行われる。

【0236】この選択規則の内容は次のようである。

(1) 運転者によりレーンキープ148が操作されてお

り、かつ、運転者が自ら操舵を行いたいという意思表示がない場合

この場合には、レーンキープシステム286により演算された目標舵角 $\delta 2$ が目標舵角 $\delta 3$ として選択される。

(2) 運転者によりレーンキープ148が操作されていないか、または、操作されているが、運転者が自ら操舵を行いたいという意思表示がある場合

この場合には、運転者による操舵を直接に反映した目標舵角 $\delta 1$ が目標舵角 $\delta 3$ として選択される。

10 【0237】なお付言すれば、この選択部226においては、運転者が自ら操舵を行いたいという意思表示の有無が、前記旋回判定部254からの情報に基づいて判定される。

【0238】以上、上位指令部210の機能を説明したが、図15には、図3における上位指令部用モジュールの内容がフローチャートで概念的に表されている。

【0239】この上位指令部用モジュールにおいては、まず、ステップS1（以下、単に「S1」で表す。他のステップについても同じとする）において、取得装置120ないし124からの信号が処理される。このS1は、3つの信号処理部240ないし244を構成している。

【0240】次に、S2において、前述の目標前後加速度 $g \times 1$ が演算される。このS2は、 $g \times 1$ 演算部260を構成している。続いて、S3において、前述の目標前後加速度 $g \times 2$ が演算される。このS3は、 $g \times 2$ 演算部262を構成している。その後、S4において、前述の目標前後加速度 $g \times 3$ ないし $g \times 5$ が演算される。このS4は、運転補助制御部264を構成している。

30 【0241】続いて、S5において、それら5つの目標前後加減速度 $g \times 1$ ないし $g \times 5$ のうちの1つが前述の目標前後加減速度 $g \times 6$ として選択される。このS5は、選択部224を構成している。

【0242】その後、S6において、前述の目標舵角 $\delta 1$ が演算される。このS6は、 $\delta 1$ 演算部280を構成している。続いて、S7において、前述の目標舵角 $\delta 2$ が演算される。このS7は、運転補助制御部282を構成している。

【0243】その後、S8において、それら2つの目標舵角 $\delta 1$ および $\delta 2$ のうちの1つが前述の目標舵角 $\delta 3$ として選択される。このS8は、選択部226を構成している。

【0244】以上で、この上位指令部用モジュールの一回の実行が終了する。

【0245】図16には、図4に示す下位指令部212のソフトウェア構成が機能に着目して分類されてブロック図で示されている。

【0246】下位指令部212は、次の部分を含むように構成されている。

50 (1) 車両状態量推定部300



これは、運転情報取得装置120、車両情報取得装置122および環境情報取得装置124からの信号に基づき、車両の状態量を既知の原理に従って推定する部分である。

【0247】この車両状態量推定部300においては、各車輪10の車輪速度、車体の横加速度、ヨーレート等に基づき、車速V、車両が走行している道路の路面 $\mu$ 、車体スリップ角 $\beta$ 、前輪スリップ角 $\alpha_f$ 、後輪スリップ角 $\alpha_r$ 等の車両状態量が推定される。推定された車両状態量のうち必要なものは随時、上位指令部210により参照可能となっている。

【0248】この車両状態量推定部300においては、例えば、車速Vが、よく知られているように、4つの車輪10のうち車輪速度が最大であるものの車輪速度が真の車速に一致する可能性が高いという事実に基づいて推定される。

【0249】また、この車両状態量推定装置300においては、例えば、路面 $\mu$ が、実ヨーレートの目標ヨーレートからの偏差であるヨーレートが設定値を超えたときにおける車両の実前後加速度と実横加速度とに基づいて推定される。

【0250】一般に、タイヤのコーナリング特性が線形領域から非線形領域に移行した時点においては、タイヤと路面との間における摩擦係数がピーク値に到達した可能であり、そのピーク値は路面 $\mu$ を反映していると考えられる。

【0251】一方、目標ヨーレートを線形2輪モデルのもとに演算すれば、上記ヨーレート偏差が設定値を超えることは結局、タイヤのコーナリング特性が線形領域から非線形領域に移行することを意味する。

【0252】このような知見に基づき、本実施形態においては、路面 $\mu$ が、上記ヨーレート偏差が設定値を超えたときにおける車両の実前後加速度と実横加速度とに基づいて推定される。

【0253】具体的には、路面 $\mu$ は、上記ヨーレート偏差が設定値を超えたときにおける車両の実前後加速度の二乗と実横加速度の二乗との和の平方根として演算される。

【0254】また、この車両状態量推定部300においては、例えば、車体スリップ角 $\beta$ が、特許第2962025号公報に記載されているように、車両の横すべり運動とヨー運動とを含む平面運動を表す車両モデルを用いることにより、横加速度、車速、ヨーレート等に基づいて推定される。この車両モデルは、車両の動的挙動を記述する車両モデルの一例である。

## (2) 目標車両状態量演算部302

これは、運転情報、車両の実状態量等に基づき、車両の目標ヨーレート $y_{rd}$ と目標車体スリップ角 $\beta_d$ とをそれぞれ目標車両状態量として演算する部分である。

【0255】そのため、目標車両状態量演算部302

は、図17に示すように、目標ヨーレート演算部310と目標車体スリップ角演算部312とを備えている。

【0256】目標ヨーレート演算部310においては、目標ヨーレート $y_{rd}$ が、例えば、推定車速Vと目標舵角 $\delta_3$ とに基づき、次式を用いて演算される。

$$y_{rd} = V \cdot \delta_3 / ((1 + K_h \cdot V^2) \cdot L)$$

これに対し、目標車体スリップ角演算部312においては、目標車体スリップ角 $\beta_d$ が、例えば、推定車速Vと目標舵角 $\delta_3$ とに基づき、次式を用いて演算される。

$$\beta_d = (1 - ((m \cdot L_f \cdot V^2) / (2 \cdot L \cdot L_r \cdot K_r))) \cdot L_r \cdot \delta_3 / ((1 + K_h \cdot V^2) \cdot L)$$

ただし、

m：車両重量（既知）

L<sub>f</sub>：前輪車軸から車両重心点までの距離（既知）

L<sub>r</sub>：後輪車軸から車両重心点までの距離（既知）

K<sub>r</sub>：後輪のコーナリングスティフネス（既知）

## (3) 制御量演算部304

これは、目標車両状態量演算部302により演算された目標車両状態量を実現するために複数のアクチュエータ70ないし82のうち必要なものを制御すべき制御量を、車両の挙動の安定性が低下しないように演算する部分である。

【0257】この制御量演算部304は、車両の実状態量および目標状態量等に基づき、車体についての目標ヨーモーメントM<sub>d</sub>と最終的な目標前後加速度g<sub>x<sub>d</sub></sub>と目標横加速度g<sub>y<sub>d</sub></sub>とをそれぞれ制御量として演算する。

【0258】そのため、制御量演算部304は、図18に示すように、目標ヨーモーメント演算部320と目標前後加速度演算部324と目標横加速度演算部326とを備えている。

## 【0259】・目標ヨーモーメント演算部320

この目標ヨーモーメント演算部320においては、車体に追加的に発生させられる目標ヨーモーメントM<sub>d</sub>（絶対値ではなく相対値である）が、例えば、実車体スリップ角 $\beta$ 、目標車体スリップ角 $\beta_d$ 、実ヨーレート $y_r$ および目標ヨーレート $y_{rd}$ に基づき、次式を用いて演算される。

$$M_d = a \cdot (\beta - \beta_d) + b \cdot (y_r - y_{rd})$$

ただし、

a：固定値または車速Vと路面 $\mu$ とに応じて変化する可変値であり、符号は正

b：固定値または車速Vと路面 $\mu$ とに応じて変化する可変値であり、符号は負・目標前後加速度演算部324

この目標前後加速度演算部324においては、上位指令部210から供給された目標前後加速度g<sub>x<sub>6</sub></sub>が、車両の挙動が不安定である場合には車両の加速傾向が減少する（加速度が減少するか、加速から減速に転ずるか、減速度が増加する）ように補正され、その補正により、最終的な目標前後加速度g<sub>x<sub>d</sub></sub>が演算される。

【0260】この目標前後加速度演算部324において

10

20

30

40

50

は、目標前後加速度  $g \times 6$  を補正するための補正量  $g \text{ Plus}$  が決定される。補正量  $g \text{ Plus}$  は、本実施形態においては、目標前後加速度  $g \times 6$  に加算されることにより、それを補正する値とされている。補正量  $g \text{ Plus}$  は、車両を減速させるべく目標前後加速度  $g \times 6$  を減少させたい場合には、負の値をとり、逆に、車両を加速させるべく目標前後加速度  $g \times 6$  を増加させたい場合には、正の値をとる。

【0261】本実施形態においては、具体的に、図19に示すように、実ヨーレート  $y \text{ r}$  の目標ヨーレート  $y \text{ r d}$  からの偏差であるヨーレート偏差  $\Delta y \text{ r}$  の絶対値に応じて、補正量  $g \text{ Plus}$  の暫定値  $g \text{ Plus 0}$  が決定される。この暫定値  $g \text{ Plus 0}$  は、例えば、ヨーレート偏差  $\Delta y \text{ r}$  (度/秒) の絶対値が増加するにつれて絶対値が増加する負の値として定義することが可能である。

【0262】この目標前後加速度演算部324においては、そのようにして決定された暫定値  $g \text{ Plus 0}$  を補正するために掛け算されるゲイン  $V \text{ Gain}$  が決定される。このゲイン  $V \text{ Gain}$  は、例えば、車速  $V$  が増加するにつれて最大値である1まで増加する値として定義

することが可能である。

【0263】この目標前後加速度演算部324においては、前述のようにして決定された暫定値  $g \text{ Plus 0}$  に、上述のようにして決定されたゲイン  $V \text{ Gain}$  が掛け算されることにより、最終的な補正量  $g \text{ Plus}$  が演算される。

【0264】この目標前後加速度演算部324においては、その演算された補正量  $g \text{ Plus}$  が目標前後加速度  $g \times 6$  に加算されることにより、最終的な目標前後加速度  $g \times d$  が演算されるのであるが、本実施形態においては、図20に示すように、車両加速時に限り、可変の減少率  $g \text{ k}$  (%) で減少させられる。さらに、本実施形態においては、同図に示すように、目標前後加速度  $g \times d$  が路面  $\mu$  に相当する前後加速度を超えないように制限される。この制限は、車両駆動時に駆動輪のスピン傾向が増加することを抑制するトラクション制御に相当する。

【0265】上記減少率  $g \text{ k}$  は、本実施形態においては、目標ヨーモーメント  $M \text{ d}$  とヨーレート偏差  $\Delta y \text{ r}$  とに基づいて演算される。具体的には、ヨーレート偏差  $\Delta y \text{ r}$  は考慮しないで目標ヨーモーメント  $M \text{ d}$  の観点から決定された暫定的な減少率  $g \text{ k}$  と、目標ヨーモーメント  $M \text{ d}$  を考慮しないでヨーレート偏差  $\Delta y \text{ r}$  の観点から決定された暫定的な減少率  $g \text{ k}$  とのうち大きい方が最終的な減少率  $g \text{ k}$  とされる。

【0266】ところで、目標前後加速度  $g \times 6$  を減少させて目標前後加速度  $g \times d$  を得、それが実現されるように車両を減速させた後に、目標前後加速度  $g \times d$  を目標前後加速度  $g \times 6$  に復帰させることが必要になった場合、目標前後加速度  $g \times d$  を直ちに復帰させたのでは、車両の挙動に急峻な変化が生じる可能性がある。

【0267】そこで、本実施形態においては、目標前後加速度  $g \times d$  の復帰勾配が制限される。すなわち、減少率  $g \text{ k}$  は、それが0でない値に設定された後、0に更新されようとする場合には、ある時間(例えば、1秒)をかけて緩やかに0に更新されるように変化させられるのである。

【0268】具体的には、本実施形態においては、図21に示すように、目標ヨーモーメント  $M \text{ d}$  に応じて増加するように減少率  $g \text{ k}$  が決定され、続いて、路面  $\mu$  と車速  $V$  に対応するゲイン  $G \text{ a i n}$  が決定される。その決定されたゲイン  $G \text{ a i n}$  が、上記決定された減少率  $g \text{ k}$  に掛け算され、それにより、目標ヨーモーメント  $M \text{ d}$  に対応する暫定的な減少率  $g \text{ k}$  が演算される。

【0269】さらに、本実施形態においては、図21に示すように、ヨーレート偏差  $\Delta y \text{ r}$  に応じて増加するように減少率  $g \text{ k}$  が決定され、それにより、ヨーレート偏差  $\Delta y \text{ r}$  に対応する暫定的な減少率  $g \text{ k}$  が演算される。

【0270】その後、本実施形態においては、図21に示すように、以上演算された2つの暫定的な減少率  $g \text{ k}$  のうち大きい方が選択される。続いて、その減少率  $g \text{ k}$  に対し、前述の復帰勾配制限が行われ、それにより、最終的な減少率  $g \text{ k}$  が演算されることになる。

【0271】・目標横加速度演算部326

この目標横加速度演算部326は、目標ヨーレート  $y \text{ r d}$  と車速  $V$  とに基づいて目標横加速度  $g \text{ y d}$  を演算する。

【0272】この目標横加速度演算部326は、例えば、次式を用いて目標横加速度  $g \text{ y d}$  を演算する。

【0273】  $g \text{ r d} = y \text{ r d} \cdot V$

以上、下位指令部212の機能を説明したが、図22には、図3における下位指令部用モジュールの内容がフローチャートで概念的に表されている。

【0274】この下位指令部用モジュールにおいては、まず、S31において、前述の車両状態量が推定される。このS31は、車両状態量推定部300を構成している。

【0275】次に、S32において、前述の目標ヨーレート  $y \text{ r d}$  が演算される。このS32は、目標ヨーレート演算部310を構成している。続いて、S33において、前述の目標車体スリップ角  $\beta \text{ d}$  が演算される。このS33は、目標車体スリップ角演算部312を構成している。

【0276】その後、S34において、前述の目標ヨーモーメント  $M \text{ d}$  が演算される。このS34は、目標ヨーモーメント演算部320を構成している。続いて、S35において、前述の目標前後加速度  $g \times d$  が演算される。このS35は、目標前後加速度演算部324を構成している。その後、S36において、前述の目標横加速度  $g \text{ y d}$  が演算される。このS36は、目標横加速度演算部326を構成している。

【0277】以上で、この下位指令部用モジュールの一回の実行が終了する。

【0278】図23には、図4に示す実行部214のソフトウェア構成が機能に着目して階層化されてブロック図で示されている。

【0279】実行部214は、次の部分を含むように構成されている。

#### A. 上位分配部340

この上位分配部340は、複数のアクチュエータ70ないし82の全体に関して設けられ、下位指令部212から供給された目標車両状態量 $Md, gx d, gy d$ を実現するために全アクチュエータ70ないし82を制御すべき制御量を全アクチュエータ70ないし82に関して統合的に分配する部分である。

【0280】この上位分配部340においては、全アクチュエータ70ないし82による制御量（以下、「全体制御量」という）が3つに分配される。それら3つとは、次のものである。

##### (1) 前後力関連分配量

これは、全体制御量を、各車輪10の前後力を制御する要素、すなわち、エンジン14およびトランスミッション24を含むパワートレインとブレーキ56との組合せに分配する量である。

##### (2) 上下力関連分配量

これは、全体制御量を、各車輪10の上下力を制御する要素、すなわち、サスペンション62に分配する量である。

##### (3) 横力関連分配量

これは、全体制御量を、各車輪10の横力を制御する要素、すなわち、フロントステアリング装置50とリヤステアリング装置52とを含むステアリング系に分配する量である。

#### B. 下位分配部342

この下位分配部342は、複数のアクチュエータ70ないし82のうちの一部に関して設けられ、上位分配部340から供給された制御量をその一部のアクチュエータに分配する部分である。

【0281】この下位分配部342は、本実施形態においては、パワートレインとブレーキ56との組合せに関連して設けられている。この下位分配部342は、上位分配部340から供給された前後力関連分配量をパワートレインに分配するパワートレイン関連分配量とブレーキ56に分配するブレーキ関連分配量とを決定する。

#### C. 制御部344

この制御部344は、上位分配部340または下位分配部342から供給された制御量の実現されるように複数のアクチュエータ70ないし82を制御する部分である。

【0282】以上説明した上位分配部340、下位分配部342および制御部344は、それぞれ、ソフトウエ

ア構成上互いに独立した複数のモジュールをコンピュータ90に実行させることにより、それぞれに与えられた固有の機能を実現する。したがって、図3に示すように、ROM94には、上位分配部用モジュールと、下位分配部用モジュールと、制御部用モジュールとが互いに独立して記憶されている。

【0283】以上、上位分配部340、下位分配部342および制御部344のソフトウェア構成を概略的に説明したが、以下、具体的に説明する。

##### (1) 上位分配部340

この上位分配部340は、図24に示すように、目標タイヤ前後力演算部370と、目標ステアリング制御量演算部372と、目標サスペンション制御量演算部374とを含むように構成されている。

【0284】目標タイヤ前後力演算部370においては、目標個別前後力 $f_x$ が目標タイヤ前後力（前記前後力関連分配量）として演算される。

【0285】図25には、目標タイヤ前後力演算部370の実行内容がフローチャートで概念的に表されている。

【0286】まず、S51において、4つの車輪10の全体において実現されるべき目標全体前後力 $F_x$ が演算される。この演算は、例えば、次式を用いて行われる。

$$【0287】F_x = g \cdot x \cdot d \cdot m$$

ただし、「 $m$ 」は車両質量を表す。

【0288】次に、S52において、その演算された目標全体前後力 $F_x$ を各車輪10に分配するために各車輪10ごとに実現されるべき暫定目標個別前後力が演算される。

【0289】この演算は、例えば、目標全体前後力 $F_x$ を各車輪10が負担する率をそれら4つの車輪10間で均一にするという前提のもと、各車輪10の摩擦円の大きさに比例して目標全体前後力 $F_x$ が各車輪10に分配されるように行うことが可能である。

【0290】左前輪、右前輪、左後輪および右後輪のそれぞれの摩擦円の大きさは、左前輪、右前輪、左後輪および右後輪のそれぞれの上下力を $f_{zf1}$ 、 $f_{zfr}$ 、 $f_{zrl}$ 、 $f_{zrr}$ で表せば、 $\mu_{fl} \cdot f_{zf1}$ 、 $\mu_{fr} \cdot f_{zfr}$ 、 $\mu_{rl} \cdot f_{zrl}$ 、 $\mu_{rr} \cdot f_{zrr}$ で表すことができる。

【0291】この場合、左前輪、右前輪、左後輪および右後輪のそれぞれの暫定目標個別前後力 $f_{xf10}$ 、 $f_{xfr0}$ 、 $f_{xrl0}$ 、 $f_{xrr0}$ は、次式で求められる。

##### 【0292】

$$f_{xf10} = F_x \cdot (\mu_{fl} \cdot f_{zf1}) / (m \cdot B)$$

$$f_{xfr0} = F_x \cdot (\mu_{fr} \cdot f_{zfr}) / (m \cdot B)$$

$$f_{xrl0} = F_x \cdot (\mu_{rl} \cdot f_{zrl}) / (m \cdot B)$$

$$f_{xrr0} = F_x \cdot (\mu_{rr} \cdot f_{zrr}) / (m \cdot B)$$

ただし、

m: 車両の質量

g: 重力加速度

$$B: \mu f_{l1} \cdot f_{zf1} + \mu f_{r1} \cdot f_{zfr} + \mu r_{l1} \cdot f_{zrl} + \mu r_{r1} \cdot f_{zrr}$$

以上説明した暫定目標個別前後力  $f_{xf10}$ 、 $f_{xfr}$ 、 $f_{xrl0}$ 、 $f_{xrr0}$  を演算するのに必要な項、すなわち、左前輪、右前輪、左後輪および右後輪の上下力  $f_{zf1}$ 、 $f_{zfr}$ 、 $f_{zrl}$ 、 $f_{zrr}$  は、例えば、次式を用いて演算することが可能である。

$$【0293】 f_{zf1} = f_{zf0} + m \cdot (-g_x \cdot H / L / 2 - g_y \cdot H \cdot f_{roll} / T) \quad 10$$

$$f_{zfr} = f_{zf0} + m \cdot (-g_x \cdot H / L / 2 + g_y \cdot H \cdot f_{roll} / T)$$

$$f_{zrl} = f_{zr0} + m \cdot (g_x \cdot H / L / 2 - g_y \cdot H \cdot (1 - f_{roll}) / T)$$

$$f_{zrr} = f_{zr0} + m \cdot (g_x \cdot H / L / 2 + g_y \cdot H \cdot (1 - f_{roll}) / T)$$

ただし、

m: 車両質量(既知)

H: 重心高(既知)

L: 車両のホイールベース (=  $L_f + L_r$ )

$f_{roll}$ : 0以上1以下の値をとるフロントロール剛性値(後述の目標サスペンション制御量演算部374から取得される)

T: 車両のトレッド(既知)

$f_{zf0}$ : 車両荷重の各前輪への静的配分 (=  $m \cdot L_r / L / 2$ )

$f_{zr0}$ : 車両荷重の各後輪への静的配分 (=  $m \cdot L_f / L / 2$ )

$L_f$ : 前輪車軸から車両重心点までの距離

$L_r$ : 後輪車軸から車両重心点までの距離

因みに、左前輪、右前輪、左後輪および右後輪の横力  $f_{yf1}$ 、 $f_{yfr}$ 、 $f_{yrl}$ 、 $f_{yrr}$  は、例えば、横加速度  $g_y$ 、ヨー角加速度  $dy_r$  (ヨーレートを時間に関して微分することにより取得できる)、各車輪10の上下力  $f_{zf1}$ 、 $f_{zfr}$ 、 $f_{zrl}$ 、 $f_{zrr}$  等に基づき、次式を用いて演算することが可能である。

$$【0294】 f_{yf1} = (m \cdot g_y \cdot L_r + I \cdot dy_r) \cdot f_{zf1} / (L \cdot (f_{zf1} + f_{zfr}))$$

$$f_{yfr} = (m \cdot g_y \cdot L_r + I \cdot dy_r) \cdot f_{zfr} / (L \cdot (f_{zf1} + f_{zfr})) \quad 40$$

$$f_{yrl} = (m \cdot g_y \cdot L_f - I \cdot dy_r) \cdot f_{zrl} / (L \cdot (f_{zrl} + f_{zrr}))$$

$$f_{yrr} = (m \cdot g_y \cdot L_f - I \cdot dy_r) \cdot f_{zrr} / (L \cdot (f_{zrl} + f_{zrr}))$$

ただし、「I」は、車両のヨー慣性モーメント(既知)を表す。

【0295】その後、図25のS53において、上記のようにして演算された暫定目標個別前後力  $f_{x0}$  を車両において実現した場合にその車両に追加的に生じること

が予想されるヨーモーメントがヨーモーメント変化量として演算される。

【0296】以下、そのヨーモーメント変化量を演算する手法を説明するが、車両において実現すべき暫定目標個別前後力  $f_{x0}$  が制動力である場合を例にとり説明し、駆動力である場合については同様であるため説明を省略する。

【0297】左前輪、右前輪、左後輪および右後輪に制動力を付与したことに伴うヨーモーメント変化量  $M_{f1}$ 、 $M_{fr}$ 、 $M_{rl}$ 、 $M_{rr}$  は、各車輪10の制動力と横力との合力が、その上下力に応じて半径が変化する摩擦円に到達しない状態と、到達した状態とに分けて演算される。

【0298】その演算手法を、前記合力が摩擦円に到達した状態を例にとり代表的に説明する。

【0299】各車輪10の制動力にするヨーモーメント変化量  $M_{f1}$ 、 $M_{fr}$ 、 $M_{rl}$ 、 $M_{rr}$  は、その制動力によるダイレクトモーメントによるヨーモーメント変化量  $M_{xf1}$ 、 $M_{xfr}$ 、 $M_{xrl}$ 、 $M_{xrr}$  と、各車輪10の横力減少に伴うヨーモーメント変化量  $M_{yf1}$ 、 $M_{yfr}$ 、 $M_{yrl}$ 、 $M_{yrr}$  と、摩擦円半径の変化に伴う各車輪10の横力変化に伴うヨーモーメント変化量  $M_{zf1}$ 、 $M_{zfr}$ 、 $M_{zrl}$ 、 $M_{zrr}$  との和に等しい。

【0300】ここに、ヨーモーメント変化量  $M_{zf1}$ 、 $M_{zfr}$ 、 $M_{zrl}$ 、 $M_{zrr}$  は、車両において荷重移動が起これば、各車輪10の摩擦円の半径が変化し、その変化によって各車輪10の横力も変化し、その変化によってヨーモーメント変化量が変化するという現象を反映した値である。

【0301】具体的には、ヨーモーメント変化量  $M_{xf1}$ 、 $M_{xfr}$ 、 $M_{xrl}$ 、 $M_{xrr}$  は、例えば、次式により演算される。

【0302】制動力によるダイレクトヨーモーメントは、

$$M_{xf1} = T \cdot f_{xf1} / 2$$

$$M_{xfr} = -T \cdot f_{xfr} / 2$$

$$M_{xrl} = T \cdot f_{xrl} / 2$$

$$M_{xrr} = -T \cdot f_{xrr} / 2$$

また、制動力によって横力が減少することによるヨーモーメント変化量  $M_{yf1}$ 、 $M_{yfr}$ 、 $M_{yrl}$ 、 $M_{yrr}$  は、例えば、次式により演算される。

$$【0303】 M_{yf1} = -L_f \cdot (\mu \cdot A_{f1} - \sqrt{(\mu^2 \cdot A_{f1}^2 - f_{xf1}^2)})$$

$$M_{yfr} = -L_f \cdot (\mu \cdot A_{fr} - \sqrt{(\mu^2 \cdot A_{fr}^2 - f_{xfr}^2)})$$

$$M_{yrl} = L_r \cdot (\mu \cdot A_{rl} - \sqrt{(\mu^2 \cdot A_{rl}^2 - f_{xrl}^2)})$$

$$M_{yrr} = L_r \cdot (\mu \cdot A_{rr} - \sqrt{(\mu^2 \cdot A_{rr}^2 - f_{xrr}^2)})$$

ただし、

$$A_{fl}: f_{zf1} + H \cdot f_{xf1} / (2 \cdot L)$$

$$A_{fr}: f_{zfr} + H \cdot f_{xfr} / (2 \cdot L)$$

$$A_{rl}: f_{zrl} + H \cdot f_{xrl} / (2 \cdot L)$$

$$A_{rr}: f_{zrr} + H \cdot f_{xrr} / (2 \cdot L)$$

また、制動力によって前後荷重移動が起こり、摩擦円の半径が変化することによるヨーモーメント変化量  $M_{zf1}$ 、 $M_{zfr}$ 、 $M_{zrl}$ 、 $M_{zrr}$  は、例えば、次式により演算される。

【0304】

$$M_{zf1} = L_f \cdot \mu \cdot H \cdot f_{xf1} / (2 \cdot L)$$

$$M_{zfr} = L_f \cdot \mu \cdot H \cdot f_{xfr} / (2 \cdot L)$$

$$M_{zrl} = L_r \cdot \mu \cdot H \cdot f_{xrl} / (2 \cdot L)$$

$$M_{zrr} = L_r \cdot \mu \cdot H \cdot f_{xrr} / (2 \cdot L)$$

そして、合計値としてのヨーモーメント変化量  $M_{f1}$ 、 $M_{fr}$ 、 $M_{rl}$ 、 $M_{rr}$  は、次式で表される。

$$【0305】 M_{f1} = M_{xf1} + M_{yf1} + M_{zf1}$$

$$M_{fr} = M_{xfr} + M_{yfr} + M_{zfr}$$

$$M_{rl} = M_{xrl} + M_{yrl} + M_{zrl}$$

$$M_{rr} = M_{xrr} + M_{yrr} + M_{zrr}$$

続いて、図25のS54において、その演算されたヨーモーメント変化量と、前記目標ヨーモーメント  $M_d$  との大小関係に基づき、必要に応じて暫定目標個別前後力  $f_{x0}$  が補正されることにより、最終目標個別前後力  $f_x$  が各車輪10ごとに演算される。

【0306】本実施形態においては、目標ヨーモーメント  $M_d$  の絶対値が設定値（例えば、300Nm）を超えない場合には、その目標ヨーモーメント  $M_d$  が基本的に各車輪10の回転角度制御（例えば、トー角、キャンバ角等の車輪転舵パラメータを制御する）によって実現され、設定値を超えている場合には、超えない分は各車輪10の回転角度制御、超えた分は各車輪10の前後力制御（ブレーキ56による制動力、エンジンブレーキによる制動力、パワートレインによる駆動力を制御する）によってそれぞれ実現される。

【0307】したがって、S54においては、正確には、暫定目標個別前後力  $f_{x0}$  の補正が、前記演算されたヨーモーメント変化量と、前記目標ヨーモーメント  $M_d$  のうち各車輪10の前後力制御によって実現されるべき部分との大小関係に基づいて行われることになる。ただし、疑義を生じさせないと思われる範囲内で、説明の便宜上、目標ヨーモーメント  $M_d$  のうち各車輪10の前後力の左右差によって発生させるべき部分を単に目標ヨーモーメント  $M_d$  という。ただし、目標ヨーモーメント  $M_d$  は、車両の旋回を助長する向きが正となるように定義される。

【0308】S54においては、具体的には、演算されたヨーモーメント変化量が目標ヨーモーメント  $M_d$  と一致する場合には、各車輪10の暫定目標個別前後力  $f_{x0}$  がそのまま最終目標個別前後力  $f_x$  とされる。

【0309】これに対し、演算されたヨーモーメント変

化量が目標ヨーモーメント  $M_d$  に足りない場合には、左右後輪のうちの旋回内輪について制動力を  $\Delta f_x$  増加させる一方、左右前輪のうちの旋回外輪について制動力を  $\Delta f_x$  減少させることによって目標ヨーモーメント  $M_d$  を達成しようとされる。そして、そのための  $\Delta f_x$  が演算される。

【0310】この場合、暫定目標個別前後力  $f_{x0}$ （正で駆動力、負で制動力を表す）が、左右後輪のうちの旋回内輪については  $\Delta f_x$  減少させられ、左右前輪のうちの旋回外輪については  $\Delta f_x$  増加させられることにより、最終目標個別前後力  $f_x$  が演算される。それら以外の車輪については、暫定目標個別前後力  $f_{x0}$  がそのまま最終目標個別前後力  $f_x$  とされる。

【0311】また、演算されたヨーモーメント変化量が目標ヨーモーメント  $M_d$  を超える場合には、左右前輪のうちの旋回外輪について制動力を  $\Delta f_x$  増加させる一方、左右後輪のうちの旋回内輪について制動力を  $\Delta f_x$  減少させることによって目標ヨーモーメント  $M_d$  を達成しようとされる。そして、そのための  $\Delta f_x$  が演算される。

【0312】この場合、暫定目標個別前後力  $f_{x0}$  が、左右前輪のうちの旋回外輪については  $\Delta f_x$  減少させられ、左右後輪のうちの旋回内輪について  $\Delta f_x$  増加させられることにより、最終目標個別前後力  $f_x$  が演算される。それら以外の車輪については、暫定目標個別前後力  $f_{x0}$  がそのまま最終目標個別前後力  $f_x$  とされる。

【0313】以上の説明から明かなように、本実施形態によれば、目標個別前後力の合計値すなわち目標全体前後力を維持しつつ、目標ヨーモーメント  $M_d$  を達成することが可能となる。

【0314】図24に示す目標ステアリング制御量演算部372においては、目標前輪スリップ角  $\alpha_{fd}$  と目標後輪スリップ角  $\alpha_{rd}$  とが目標ステアリング制御量（前記横力関連分配量）として演算される。

【0315】ここに、目標前輪スリップ角  $\alpha_{fd}$  も目標後輪スリップ角  $\alpha_{rd}$  も、前輪または後輪の現在スリップ角からの変化量を意味する相対値を意味している。

【0316】この目標ステアリング制御量演算部372においては、そのステアリング制御によって車両に発生させられるヨーモーメントが目標ヨーモーメント  $M_d$  の前記設定値を超えないように、目標前輪スリップ角  $\alpha_{fd}$  と目標後輪スリップ角  $\alpha_{rd}$  とが、例えば、実ヨーレート  $y_r$  と目標ヨーレート  $y_{rd}$  との差に基づいて演算される。

【0317】本実施形態においては、目標前輪スリップ角  $\alpha_{fd}$  が次式を用いて演算される。

$$【0318】 \alpha_{fd} = k_f \cdot (y_r - y_{rd})$$

ただし、「 $k_f$ 」は正の定数である。

【0319】また、本実施形態においては、目標後輪スリップ角  $\alpha_{rd}$  が次式を用いて演算される。

【0320】 $\alpha r d = k r \cdot (y r - y r d)$   
ただし、「 $k r$ 」は負の定数である。

【0321】図24に示す目標サスペンション制御量演算部374においては、各前輪と各後輪とのそれぞれにつき、目標ばね定数と、目標アブソーバ減衰係数と、目標ロール剛性値とが目標サスペンション制御量（前記上下力関連分配量）として演算される。

【0322】各前輪の目標ばね定数は、例えば、次式を用いて演算される。

【0323】 $K f b 0 + K f b 1 \cdot \sqrt{(g x d^2 + g y d^2)} - K f b 2 \cdot D F$  10

ただし、

$K f b 0$ 、 $K f b 1$ 、 $K f b 2$ ：定数

$D F$ ：ドリフトパラメータ（車両のヨー運動が異常である強さが強いほど絶対値が増加するとともに、その異常の種類がドリフトアウトである場合には正の値、スピンである場合には負の値を持つパラメータ）

このドリフトステイトパラメータ $D F$ は、例えば、実ヨーレート $y r$ の目標ヨーレート $y r d$ からの偏差と実ヨーレート $y r$ の符号との積として演算することが可能である。 20

【0324】各前輪の目標アブソーバ減衰係数は、例えば、次式を用いて演算される。

【0325】 $K f c 0 + K f c 1 \cdot \sqrt{(g x d^2 + g y d^2)} - K f c 2 \cdot D F$

ただし、

$K f c 0$ 、 $K f c 1$ 、 $K f c 2$ ：定数

各前輪の目標ロール剛性値 $f r o l l$ は、例えば、次式を用いて演算される。

【0326】 $K f r 0 + K f r 1 \cdot \sqrt{(g x d^2 + g y d^2)} - K f r 2 \cdot D F$  30

ただし、

$K f r 0$ 、 $K f r 1$ 、 $K f r 2$ ：定数

演算された目標ロール剛性値 $f r o l l$ は、前述のように、目標タイヤ前後力演算部370に供給され、各車輪10の上下力 $f z$ を演算するのに使用される。

【0327】各後輪の目標ばね定数は、例えば、次式を用いて演算される。

【0328】 $K r b 0 + K r b 1 \cdot \sqrt{(g x d^2 + g y d^2)} - K r b 2 \cdot D F$  40

ただし、

$K r b 0$ 、 $K r b 1$ 、 $K r b 2$ ：定数

各後輪の目標アブソーバ減衰係数は、例えば、次式を用いて演算される。

【0329】 $K r c 0 + K r c 1 \cdot \sqrt{(g x d^2 + g y d^2)} - K r c 2 \cdot D F$

ただし、

$K r c 0$ 、 $K r c 1$ 、 $K r c 2$ ：定数

各後輪の目標ロール剛性値 $r r o l l$ は、例えば、次式を用いて演算される。 50

【0330】 $K r r 0 + K r r 1 \cdot \sqrt{(g x d^2 + g y d^2)} - K r r 2 \cdot D F$

ただし、

$K r r 0$ 、 $K r r 1$ 、 $K r r 2$ ：定数

以上、上位分配部340の機能を説明したが、図26には、図3における上位分配部用モジュールの内容がフローチャートで概念的に表されている。

【0331】この上位分配部用モジュールにおいては、まず、S71において、前述の目標タイヤ前後力が演算される。このS71は、目標タイヤ前後力演算部370を構成している。

【0332】次に、S72において、前述の目標ステアリング制御量が演算される。このS72は、目標ステアリング制御量演算部372を構成している。続いて、S73において、前述の目標サスペンション制御量が演算される。このS73は、目標サスペンション制御量演算部374を構成している。

【0333】以上で、この上位分配部用モジュールの一回の実行が終了する。

## (2) 下位分配部342

この下位分配部342は、上位分配部340において決定された各車輪10の最終目標個別前後力 $f x$ が実現されるように、それに対応する制御量をエンジン14、トランスミッション24およびブレーキ56に分配する部分である。

【0334】この下位分配部342は、図24に示すように、目標トランスミッション出力トルク演算部380と、目標ブレーキトルク演算部382と、路面 $\mu$ 推定部384とを備えている。

【0335】a. 目標トランスミッション出力トルク演算部380

本実施形態においては、左右前輪は転動輪、左右後輪は駆動輪とされている。したがって、最終個別前後力（以下、単に「目標前後力」という） $f x$ が車両加速力である場合には、左右後輪についてのみ、下位のパワートレイン制御部400に対して指令すべき目標トランスミッション出力トルクが決定される。

【0336】しかも、目標トランスミッション出力トルクは、トランスミッション24の出力トルクがデファレンシャル28により左右後輪に均等に分配されることと、トランスミッション24の出力トルクを制御可能な範囲に限界があることを考慮して決定される。

【0337】具体的には、まず、出力トルクの制御可能な範囲を考慮しない暫定的な目標トランスミッション出力トルク $t t d 0$ が、次式により演算される。

【0338】

$t t d 0 = \max (f x r l, f x r r) \cdot 2 \cdot r / y$   
ただし、

$\max (f x r l, f x r r)$ ：左後輪の目標前後力 $f x r l$ と右後輪の目標前後力 $f x r r$ とのうち大きい方

$r$  : 各車輪 10 のタイヤ半径

$y$  : デファレンシャル 28 のギヤ比

次に、出力トルクの制御可能範囲を考慮した最終的な目標トランスミッション出力トルク  $t_{td}$  が、その制御可能範囲の上限値  $LM_{up}$  を超える場合にはその上限値、下限値  $LM_{lo}$  を下回る場合にはその下限値、制御可能範囲内にある場合には暫定的な目標トランスミッション出力トルク  $t_{td0}$  と一致するように決定される。

【0339】なお付言すれば、出力トルクの制御可能範囲の上限値  $LM_{up}$  および下限値  $LM_{lo}$  は、後述のパワートレイン制御部 400 (図 24 参照) から供給される。

【0340】b. 目標ブレーキトルク演算部 382

この目標ブレーキトルク演算部 382 においては、左右前輪については、目標前後力  $f_{xfl}$ 、 $f_{xfr}$  が車両減速力である場合に、その目標前後力がそのまま、下位のブレーキ制御部 402 (図 24 参照) に対して指令される。

【0341】具体的には、左前輪と右前輪とのそれぞれの目標ブレーキトルク  $b_{tfl}$ 、 $b_{tfr}$  が、次式により演算される。

$$【0342】t_{bfl} = f_{xfl} \cdot r$$

$$t_{bfr} = f_{xfr} \cdot r$$

ただし、

$r$  : 各車輪 10 のタイヤ半径

これに対し、左右後輪については、トランスミッション 24 の出力トルク  $t_t$  が併存する場合があることを考慮して、下位のブレーキ制御部 402 に対して指令すべき目標ブレーキトルクが決定される。

【0343】具体的には、左後輪と右後輪とのそれぞれの目標ブレーキトルク  $b_{trl}$ 、 $b_{trr}$  が、次式により演算される。

【0344】

$$t_{btl} = f_{xfl} \cdot r + t_{te} / y / 2$$

$$t_{btr} = f_{xrr} \cdot r + t_{te} / y / 2$$

ただし、「 $t_{te}$ 」は、トランスミッション 24 の出力トルクの推定値を表す。

【0345】なお付言すれば、その推定出力トルク  $t_{te}$  も、パワートレイン制御部 400 から供給される。

【0346】c. 路面  $\mu$  推定部 384

この路面  $\mu$  推定部 384 は、下位分配部 382 より下位に位置するパワートレイン制御部 400 と後述のブレーキ制御部 402 (図 24 参照) とから供給される情報に基づき、路面  $\mu$  を高精度で推定する部分である。

【0347】この路面  $\mu$  推定部 384 においては、まず、車速  $V$  と各車輪 10 の車輪速度との差である車輪スリップ速度の絶対値に基づき、各車輪 10 のスリップの有無が逐次判定される。具体的には、各車輪 10 ごとに、前回の判定時には車輪スリップ速度が設定値 (例え

ば、3 km/h) 未満であったが、今回の判定時にはその設定値以上であるか否かが判定され、そうであれば、今回は車輪スリップの開始時であると判定される。

【0348】今回は車輪スリップの開始時であると判定された場合には、さらに、スリップが開始したと判定された各車輪 10 ごとに、推定車輪力を推定上下力で割り算することにより、路面  $\mu$  が推定される。推定車輪力は、推定前後力と推定横力との合力である。推定横力と推定上下力とは前述の式を用いて演算される。

【0349】推定前後力は、パワートレイン制御部 400 から下位分配部 342 に供給される、トランスミッション 24 の推定出力トルク  $t_{te}$  と、ブレーキ制御部 402 から下位分配部 342 に供給される、左前輪、右前輪、左後輪および右後輪のそれぞれの推定ブレーキトルク  $b_{tfl}$ 、 $b_{tfr}$ 、 $b_{trl}$ 、 $b_{trr}$  とに基づいて演算される。

【0350】具体的には、左前輪、右前輪、左後輪および右後輪のそれぞれの推定前後力  $f_{xfl}$ 、 $f_{xfr}$ 、 $f_{xrl}$ 、 $f_{xrr}$  は、次式を用いて演算される。

$$【0351】f_{xfl} = b_{tfl} / r$$

$$f_{xfr} = b_{tfr} / r$$

$$f_{xrl} = b_{trl} / r + t_{te} / y / 2$$

$$f_{xrr} = b_{trr} / r + t_{te} / y / 2$$

そして、各車輪 10 ごとに、推定前後力の二乗と推定横力の二乗の和の平方根として推定車輪力が演算される。

【0352】以上のようにして推定された路面  $\mu$  は精度が高いため、例えば、この下位分配部 342 より上位に位置する要素、例えば、上位分配部 340 に供給し、その高精度の路面  $\mu$  を利用することにより、上位要素が用いる演算モデル (例えば、車両モデル、車輪-操舵系モデル、車輪-サスペンション系モデル) すなわち演算ロジックの修正を支援することが可能である。

【0353】以上、下位分配部 342 の機能を説明したが、図 27 には、図 3 における下位分配部用モジュールの内容がフローチャートで概念的に表されている。

【0354】この下位分配部用モジュールにおいては、まず、S101において、前述の目標トランスミッション出力トルクが演算される。この S101 は、目標トランスミッション出力トルク演算部 380 を構成している。

【0355】次に、S102において、前述の目標ブレーキトルクが演算される。この S102 は、目標ブレーキトルク演算部 382 を構成している。

【0356】その後、S103において、前述のようにして各車輪 10 ごとに路面  $\mu$  が推定される。この S103 が、路面  $\mu$  推定部 384 を構成している。

【0357】以上で、この下位分配部用モジュールの一回の実行が終了する。

(3) 制御部 344

10

20

30

40

50

制御部344は、図23に示すように、次の部分を含むように構成されている。

【0358】a. パワートレイン制御部400

このパワートレイン制御部400は、下位分配部342から供給されたパワートレイン関連分配量に基づき、エンジン用アクチュエータ70と、トランスミッション用アクチュエータ72とをそれぞれ制御する部分である。

【0359】このパワートレイン制御部400の機能が図28にパワートレイン制御モジュール（図3参照）としてフローチャートで表されている。

【0360】このパワートレイン制御モジュールにおいては、まず、S131において、目標トランスミッションギヤ段が決定される。

【0361】具体的には、路面 $\mu$ が設定値（例えば、0.6）より高い場合には、車速Vとアクセル操作ストロークとに基づき、一般的な変速規則に従って、トランスミッション24における目標ギヤ段が決定される。これに対し、路面 $\mu$ が設定値以下である場合には、一般的な変速規則に従って決定された目標ギヤ段より1段高いギヤ段が目標ギヤ段として決定される。

【0362】このS131においては、さらに、その決定された目標ギヤ段を実現するためにトランスミッション28においてシフトダウンが必要である場合には、目標トランスミッション出力トルクの許容範囲内での下方修正（例えば、10パーセント以内の低下）によってそのシフトダウンを回避できるか否かが判定される。頻繁なシフトダウンを回避し、車両の快適性を向上させるためである。

【0363】このように、このパワートレイン制御部400には、それより上位の下位分配部342からの指令値を許容範囲内で修正できる権限が与えられているのである。

【0364】次に、S132において、目標エンジントルクが演算される。具体的には、前述の目標トランスミッション出力トルクをトランスミッション28のギヤ比で割り算し、さらに、その割り算した値を、トルクコンバータ22の推定トルク比で割り算することにより演算される。

【0365】推定トルク比は、トルクコンバータ22のアウトプットシャフトの回転数をエンジン14の回転数で割り算した値である速度比に基づいて推定される。それら速度比と推定トルク比との関係の一例が図29に表形式で表されている。

【0366】その後、S133において、演算された目標トランスミッションギヤ段と目標エンジントルクとを実現するための各指令値がそれぞれ、トランスミッション用アクチュエータ72とエンジン用アクチュエータ70とに出力される。

【0367】以上で、このパワートレイン制御モジュールの一回の実行が終了する。

【0368】なお付言すれば、このパワートレイン制御部400は、前述のように、図24に示すように、目標トランスミッション出力トルク演算部380には前述の制御可能範囲の上限値 $LMT_{up}$ および下限値 $LMT_{lo}$ 、目標ブレーキトルク演算部382には推定出力トルク $t_{te}$ 、路面 $\mu$ 推定部384にも推定出力トルク $t_{te}$ をそれぞれ供給するように設計されている。

【0369】b. ブレーキ制御部402

このブレーキ制御部402は、図3に示すブレーキ制御モジュールを前記コンピュータ90に実行させることにより、前記目標ブレーキトルク $b_{tfl}$ 、 $b_{tfr}$ 、 $b_{trl}$ 、 $b_{trr}$ を実現するための指令値を各車輪10に関連付けてブレーキ用アクチュエータ80に出力する。

【0370】ブレーキ56の形式が、各車輪10と共に回転する回転体に摩擦材を圧力により押圧する形式である場合には、各車輪10の目標ブレーキ圧 $b_{pfl}$ 、 $b_{pfr}$ 、 $b_{prl}$ 、 $b_{prr}$ は、例えば、次式により演算することが可能である。

$$【0371】b_{pfl} = b_{tfl} \cdot k_{bf}$$

$$b_{pfr} = b_{tfr} \cdot k_{bf}$$

$$b_{prl} = b_{trl} \cdot k_{bf}$$

$$b_{prr} = b_{trr} \cdot k_{bf}$$

ただし、

$k_{bf}$ ：左右前輪用のブレーキ56に設定されたブレーキ換算係数（既知）

$k_{br}$ ：左右後輪用のブレーキ56に設定されたブレーキ換算係数（既知）

c. ステアリング制御部404

このステアリング制御部404は、上位分配部340から供給されたステアリング関連分配量に基づき、操舵反力付与装置用アクチュエータ74と、フロントステアリング装置用アクチュエータ76と、リヤステアリング装置用アクチュエータ78とをそれぞれ制御する部分である。

【0372】このステアリング制御部404の機能が図30にステアリング制御モジュール（図3参照）としてフローチャートで表されている。

【0373】このステアリング制御モジュールにおいては、まず、S151において、上位分配部340から供給された目標前輪スリップ角 $\alpha_{fd}$ および目標後輪スリップ角 $\alpha_{rd}$ に基づき、目標前輪舵角 $\delta_{fd}$ および目標後輪舵角 $\delta_{rd}$ がそれぞれ演算される。

【0374】本実施形態においては、それら目標前輪舵角 $\delta_{fd}$ および目標後輪舵角 $\delta_{rd}$ がそれぞれ次式により演算される。

$$【0375】\delta_{fd} = \beta + L_f \cdot y_r / V - \alpha_{fd}$$

$$\delta_{rd} = \beta - L_r \cdot y_r / V - \alpha_{rd}$$

次に、S152において、路面 $\mu$ が高精度で推定され

る。本実施形態においては、車輪の動的挙動を記述し得



る車両操舵系モデルのもとに、各車輪10のセルフアライニングトルクに基づき、左右前輪に関して、路面 $\mu$ が推定される。

【0376】具体的には、特開平6-221968号公報に記載されているように、各車輪10のコーナリングフォースに対するセルフアライニングトルクの増加勾配は路面 $\mu$ に応じて異なるという現象を利用することにより、それらコーナリングフォースおよびセルフアライニングトルク相互の関係に基づき、路面 $\mu$ が推定される。

【0377】ここに、コーナリングフォースは、例えば、前記公報に記載されているように、横加速度 $g_y$ とヨー角加速度 $d_y r$ とに基づいて推定することが可能である。また、セルフアライニングトルクは、例えば、前記公報に記載されているように、フロントステアリング装置50において左右前輪間に作用する軸力を検出することにより、推定することが可能である。

【0378】すなわち、このS152は、図24に示す路面 $\mu$ 推定部420を構成しているのである。

【0379】続いて、S153において、操舵反力付与装置48によってステアリングホイール44に発生させるべき目標操舵トルクが決定される。この目標操舵トルクは、例えば、操舵角 $\theta$ 、前輪舵角 $\delta f$ 、その変化速度、路面 $\mu$ 等の車両状態量に基づき、予め定められた規則に従って決定される。

【0380】その後、S154において、決定された目標前輪舵角 $\delta f d$ 、目標後輪舵角 $\delta r d$ および目標操舵トルクをそれぞれ実現するための各指令値が、フロントステアリング装置50、リヤステアリング装置52および操舵反力付与装置48にそれぞれ出力される。

【0381】以上で、このステアリング制御モジュールの一回の実行が終了する。

【0382】d. サスペンション制御部406  
サスペンション制御部406は、図3に示すサスペンション制御モジュールを前記コンピュータ90に実行させることにより、上位分配部340から供給された各種制御量を実現するための指令値を各車輪10に関連付けてサスペンション用アクチュエータ82に出力する。

【0383】このサスペンション制御部406は、上位分配部340からの指令がない状態においては、自律的にサスペンション62を制御するための指令値をサスペンション用アクチュエータ82に出力する。

【0384】ここで、複数のアクチュエータ70ないし82のうち、エンジン用アクチュエータ70と、トランスミッション用アクチュエータ72と、ブレーキ用アクチュエータ80とをさらに説明する。

【0385】エンジン用アクチュエータ70は、制御部と駆動部（例えば、モータ）とを有している。

【0386】その制御部においては、パワートレイン制御部400から供給された目標エンジントルクを実現するための制御目標値、すなわち、エンジン14のスロット

トル開度、燃料噴射量、点火タイミング、バルグタイミング、バルブリフト量等が、予め定められた規則に従って決定される。

【0387】その制御部においては、さらに、そのようにして決定された制御目標値に対応する信号が上記駆動部に出力され、その信号に応じた駆動部の駆動により、目標エンジントルクが実現される。

【0388】トランスミッション用アクチュエータ72も、制御部と駆動部（例えば、ソレノイド）とを有している。

【0389】その制御部においては、パワートレイン制御部400から供給された目標ギヤ段を実現するための信号が上記駆動部に出力され、その信号に応じた駆動部の駆動により、目標ギヤ段が実現される。

【0390】ブレーキ用アクチュエータ80も、制御部と駆動部（例えば、ソレノイド、モータ）とを有している。

【0391】その制御部においては、ブレーキ制御部402から供給された目標ブレーキ圧を実現するための信号が上記駆動部に出力され、その信号に応じた駆動部の駆動により、目標ブレーキ圧が実現される。

【0392】なお付言すれば、本実施形態においては、上位指令部210から下位指令部212に供給される目標前後加速度 $g_x 6$ が、幅を有しない値とされているが、幅を有する値とすることが可能である。

【0393】この場合、下位指令部212は、例えば、幅を有する目標前後加速度 $g_x 6$ の範囲内で複数の離散値を設定し、それら離散値のそれぞれについて、前述の手法に従って最終的な目標前後加速度 $g_x d$ を演算し、そのようにして演算された複数の目標前後加速度 $g_x d$ の中から1つを選択することができる。

【0394】その選択の条件としては、例えば、それら複数の目標前後加速度 $g_x d$ のうち、もとの目標前後加速度 $g_x 6$ の幅の範囲内にあるという条件を設定したり、アクチュエータによるエネルギー消費量が最小であるという条件を設定することが可能である。

【0395】さらに、このように目標前後加速度 $g_x 6$ に幅を持たせる場合、その幅を運転者の好み等に応じて変化させることが可能である。

【0396】さらにまた、このように目標前後加速度 $g_x 6$ に幅を持たせる場合、その目標前後加速度 $g_x 6$ が正の値であり、車両を加速させることが必要であるときには、幅を持たせるが、負の値であり、車両を減速させることが必要であるときには、幅を持たせないようにすることが可能である。

【0397】このようにすれば、車両を減速させることが必要であるときに、目標前後加速度 $g_x 6$ の大きさが可及的に忠実に下位指令部212および実行部214により実現される傾向が強くなり、その結果、車両の安全性が向上させることが容易となる。

【0398】さらに付言すれば、本実施形態においては、前記運動制御装置のソフトウェア構成が体系的に階層化されるとともに、各層においてコンピュータ90により実行されるモジュールは、そのすぐ下位のモジュールがどのような特性を持ち、しかも、それらモジュールが互いにどのような影響を及ぼし合うかを反映した最小限のモデルをコンピュータ90による演算に用いる。さらに、各層は、そのような演算により取得された指令値を、すぐ下位の層に供給する。

【0399】そして、本実施形態においては、上位の層から下位の層への正方向の情報伝達（例えば、図23において矢印付きの実線で示す）のみならず、下位の層から上位の層への逆方向の情報伝達（例えば、同図において矢印付きの破線で示す）も行われる。

【0400】このような双方向の情報伝達を行うのは、上位の層が下位の層に出力した指令値がその下位の層によって実際にどの程度実現されているのかを上位の層に考慮させ、それにより、上位の層に学習させる機会を与えてその上位の層による指令値の決定精度を向上させるためである。

【0401】例えば、上位分配部340または下位分配部342が、路面 $\mu$ の推定値を用いて指令値を決定して制御部344に供給したが、路面 $\mu$ の実際値がその推定値より低い場合があり得る。

【0402】この場合、そのような路面 $\mu$ の推定精度の不足が原因で、上位分配部340または下位分配部342からの指令値を制御部344が精度よく実現できない場合があり得る。

【0403】この場合、制御部344は、その指令値の実際の達成度を表す情報を上位分配部340または下位分配部342に戻す。その後、上位分配部340または下位分配部342は、先に出力した指令値の実際の達成度に基づき、その指令値を決定するために用いた演算モデル（例えば、車輪モデル、タイヤモデル）を修正する。

【0404】さらに付言すれば、本実施形態においては、前記運動制御装置の入力側と出力側とが電気的経路以外の経路によって互いに接続されていない。そのため、万一その電気的経路が故障すると、前記運動制御装置の基本機能が維持できない可能性がある。

【0405】そこで、本実施形態においては、そのような緊急時のためのバックアップシステムが用意されている。これは、緊急時には、例えば、操作情報取得装置120とアクチュエータ70ないし82とを直結させて、操作情報に従ってアクチュエータ70ないし82を作動させるシステムである。

【0406】図31には、そのバックアップシステムが記載されている。このバックアップシステムにおいては、緊急時には、アクセル操作ストロークセンサ130からの信号がエンジン用アクチュエータ70とトランス

ミッション用アクチュエータ72とにそれぞれ供給されるとともに、エンジン回転数センサ176からの信号がエンジン用アクチュエータ70とトランスミッション用アクチュエータ72とにそれぞれ供給される。

【0407】さらに、同図に示すように、緊急時には、ブレーキ操作力センサ134からの信号がブレーキ用アクチュエータ80に供給されるとともに、操舵角センサ140からの信号がフロントステアリング装置用アクチュエータ76に供給される。

【0408】このバックアップシステムにおいては、緊急時には、アクセル操作ストロークセンサ130による検出値と、エンジン回転数センサ176による検出値とに応じ、予め定められた関係に従い、目標エンジントルクが決定され、その決定値が実現されるようにエンジン用アクチュエータ70が制御される。

【0409】さらに、緊急時には、アクセル操作ストロークセンサ130による検出値と、エンジン回転数センサ176による検出値とに応じ、予め定められた関係に従い、目標ギヤ段が決定され、その決定値が実現されるようにトランスミッション用アクチュエータ72が制御される。

【0410】さらに、緊急時には、ブレーキ操作力センサ134による検出値に応じ、予め定められた関係に従い、目標制動力（例えば、ブレーキ56が圧力式である場合には目標ブレーキ圧、電動式である場合には目標モータ電力信号）が決定され、その決定値が実現されるようにブレーキ用アクチュエータ80（例えば、ソレノイドバルブ、電動モータ等）が制御される。

【0411】さらに、緊急時には、操舵角センサ140による検出値に応じ、予め定められた関係に従い、目標前輪舵角が決定され、その決定値が実現されるようにフロントステアリング装置用アクチュエータ76が制御される。目標前輪舵角は、例えば、操舵角センサ140による検出値を固定または可変のステアリングギヤ比で割り算することにより決定することが可能である。

【0412】以上、本発明の具体的な実施の形態の一つを図面に基いて詳細に説明したが、これは例示であり、前記「課題を解決するための手段および発明の効果」の欄に記載の態様を始めとして、当業者の知識に基づいて種々の変形、改良を施した他の形態で本発明を実施することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に従う統合型車両運動制御装置が搭載された車両を示す平面図である。

【図2】図1における統合型車両運動制御装置のハードウェア構成を概念的に示すブロック図である。

【図3】図1におけるROMの構成を概念的に示すブロック図である。

【図4】図1における統合型車両運動制御装置により実現される機能およびソフトウェア構成を説明するため

10

20

30

40

50

のブロック図である。

【図 5】図 4 における操作情報取得装置を概念的に示すブロック図である。

【図 6】図 4 における車両情報取得装置を概念的に示すブロック図である。

【図 7】図 4 における環境情報取得装置を概念的に示すブロック図である。

【図 8】図 4 における上位指令部 210 の詳細を示すブロック図である。

【図 9】図 8 における信号処理部 242 を概念的に示すブロック図である。

【図 10】図 8 における信号処理部 244 を概念的に示すブロック図である。

【図 11】図 8 における  $g \times 1$  演算部 260 の実行内容を説明するためのグラフである。

【図 12】図 8 における  $g \times 1$  演算部 260 の実行内容を説明するための別のグラフである。

【図 13】図 8 における運転補助制御部 264 を概念的に示すブロック図である。

【図 14】図 8 における運転補助制御部 282 を概念的に示すブロック図である。

【図 15】図 3 における上位指令部用モジュールの内容を概念的に表すフローチャートである。

【図 16】図 4 における下位指令部 212 の詳細を示すブロック図である。

【図 17】図 16 における目標車両状態量演算部 302 の詳細を示すブロック図である。

【図 18】図 16 における制御量演算部 304 の詳細を示すブロック図である。

【図 19】図 18 における目標前後加速度演算部 324 の実行内容を説明するためのブロック線図である。

【図 20】図 18 における目標前後加速度演算部 324 の実行内容を説明するための別のブロック線図である。

【図 21】図 18 における目標前後加速度演算部 324 の実行内容を説明するためのさらに別のブロック線図である。

\*

\* 【図 22】図 3 における下位指令部用モジュールの内容を概念的に表すフローチャートである。

【図 23】図 4 における実行部 214 およびアクチュエータの詳細を示すブロック図である。

【図 24】図 23 における上位分配部 340、下位分配部 342 および制御部 344 の詳細を示すブロック図である。

【図 25】図 24 における目標タイヤ前後力演算部 370 の実行内容を概念的に表すフローチャートである。

【図 26】図 3 における上位分配部用モジュールの内容を概念的に表すフローチャートである。

【図 27】図 3 における下位指令部用モジュールの内容を概念的に表すフローチャートである。

【図 28】図 3 におけるパワートレイン制御モジュールの内容を概念的に表すフローチャートである。

【図 29】図 28 における S131 において用いられる速度比-推定トルク比間の関係を表形式で示す図である。

【図 30】図 3 におけるステアリング制御モジュールの内容を概念的に表すフローチャートである。

【図 31】図 1 に示す統合型車両運動制御装置におけるバックアップシステムを概念的に示すブロック図である。

【符号の説明】

70 ないし 82 アクチュエータ

90 コンピュータ

120 操作情報取得装置

122 車両情報取得装置

124 環境情報取得装置

210 上位指令部

212 下位指令部

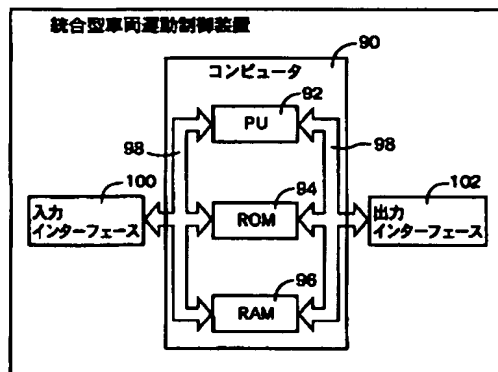
214 実行部

340 上位分配部

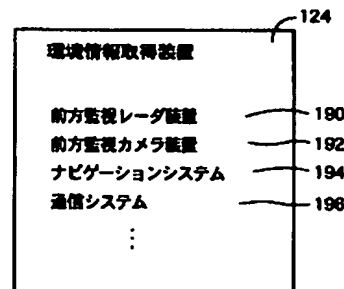
342 下位分配部

344 制御部

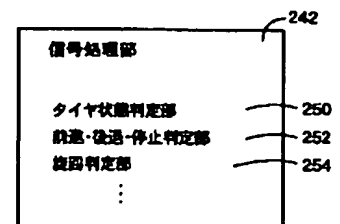
【図 2】



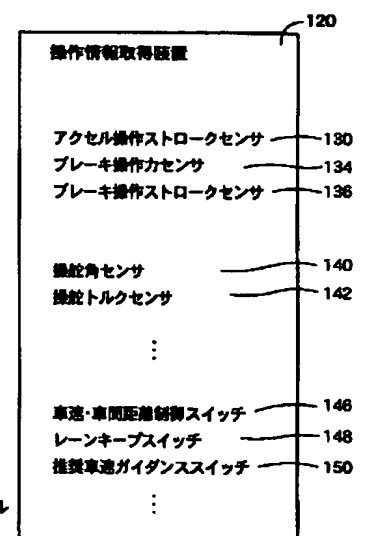
【図 7】



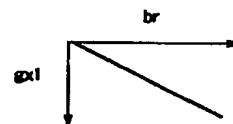
【図 9】



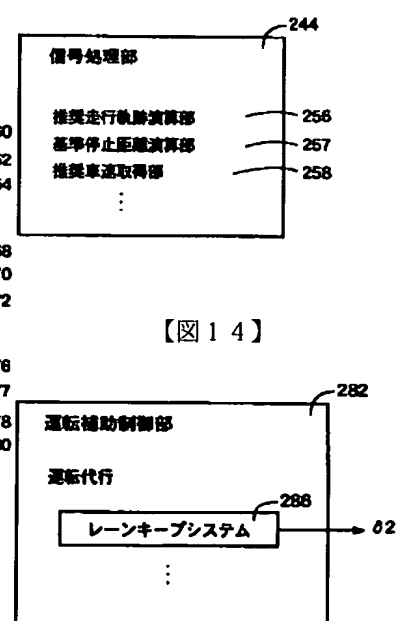
【図 5】



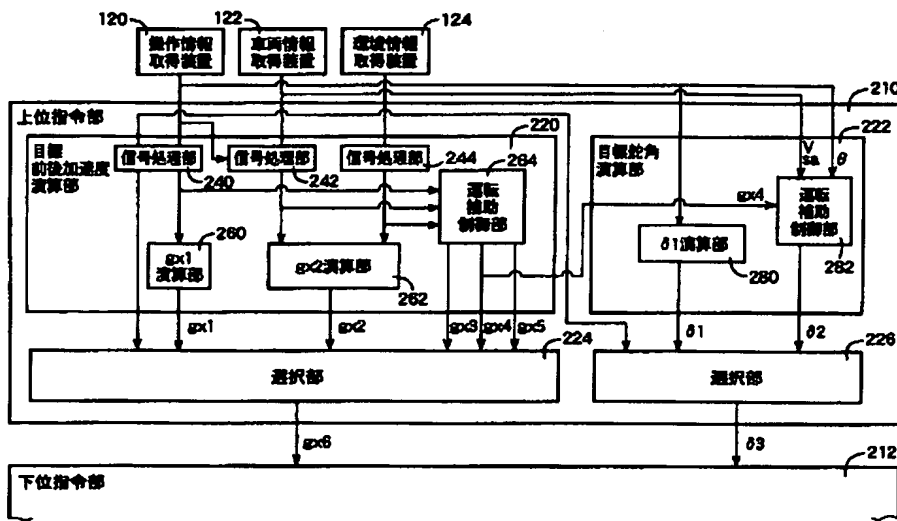
【図 12】



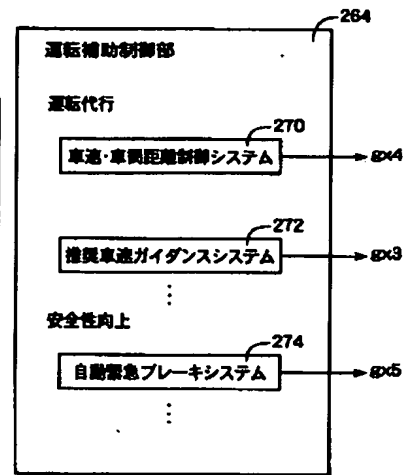
【図 10】



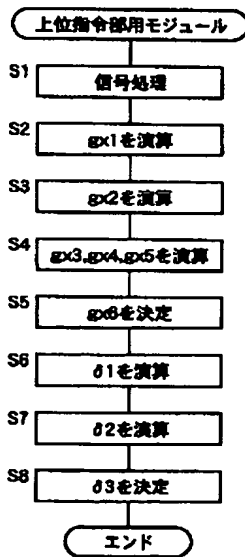
【図8】



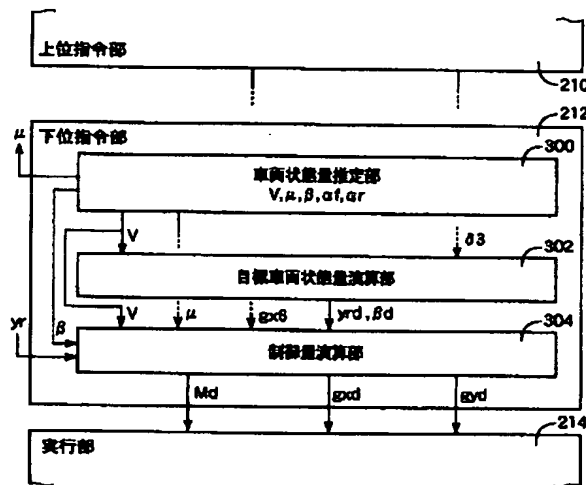
【図13】



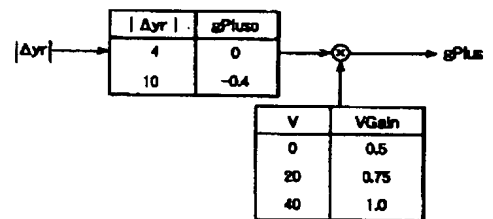
【図15】



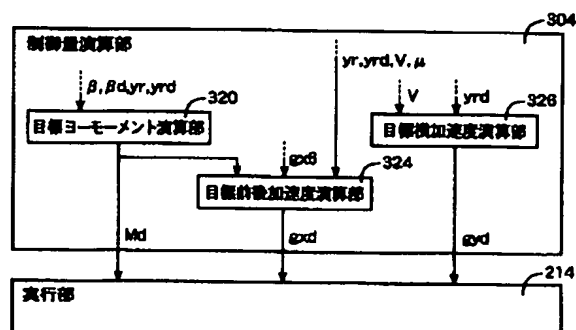
【図16】



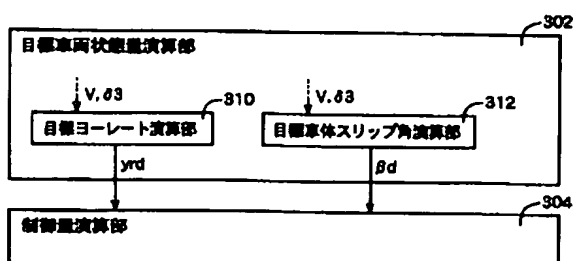
【図19】



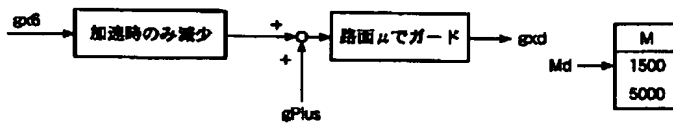
【図18】



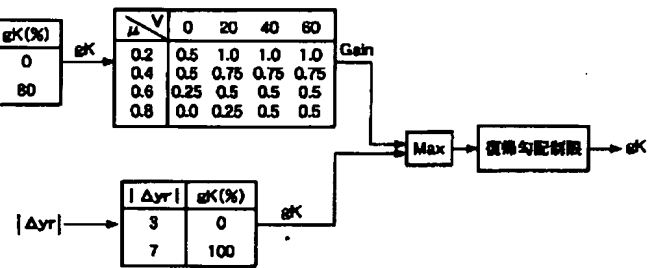
【図17】



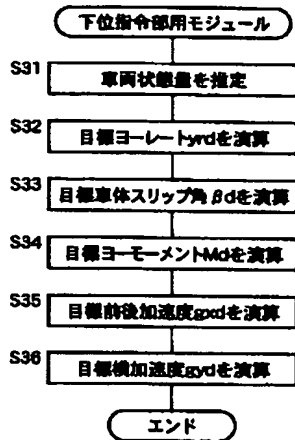
【図20】



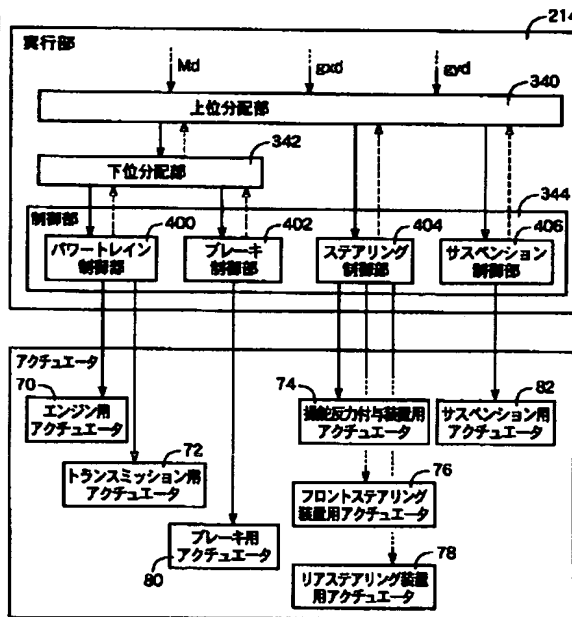
【図21】



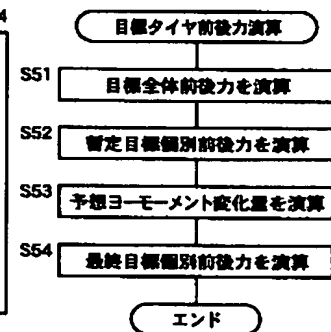
【図22】



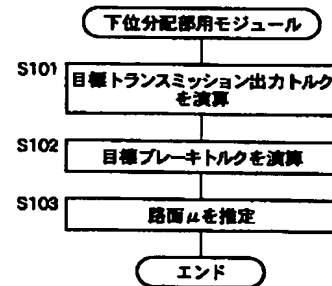
【図23】



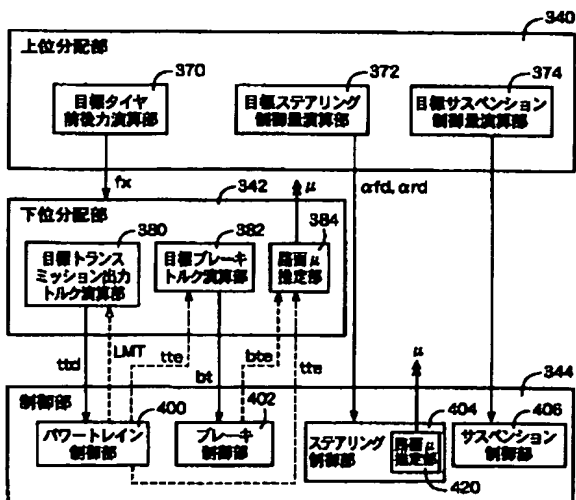
【図25】



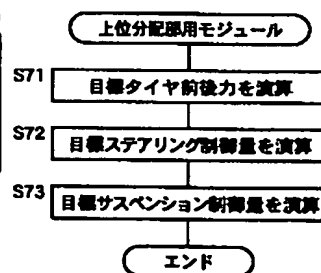
【図27】



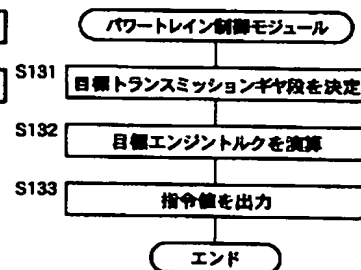
【図24】



【図26】



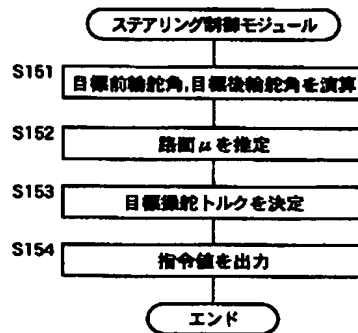
【図28】



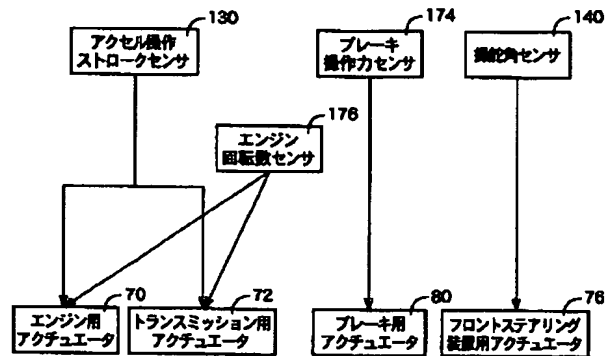
【図29】

速度比	推定トルク比
0.000	1.846
0.100	1.787
0.200	1.690
0.300	1.608
⋮	⋮
0.941	0.997
0.950	0.997

【図30】



【図31】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード\* (参考)

B 6 0 K 41/00

B 6 0 K 41/00

3 0 1 H

3 0 1 Z

B 6 0 G 17/015

B 6 0 G 17/015

B 6 0 R 16/02

6 6 0

B 6 0 R 16/02

6 6 0 B

6 6 0 F

6 6 0 H

6 6 0 T

6 6 1 Z

6 2 4 B

6 2 4 C

6 2 4 G

6 2 7

6 2 8 C

B 6 0 T 8/00

B 6 0 T 8/00

B

8/58

8/58

E

B 6 2 D 6/00

B 6 2 D 6/00

// B 6 0 K 6/02

101:00

B 6 2 D 101:00

111:00

111:00

113:00

113:00

119:00

119:00

127:00

127:00

133:00

133:00

137:00

137:00

B 6 0 K 9/00

E

F ターム(参考) 3D001 AA02 AA12 DA17 EA06 EA07  
EA08 EA22 EA32 EA34 EA36  
EA43 EB02 ED02  
3D032 CC01 CC03 CC21 CC48 CC50  
DA03 DA15 DA23 DA25 DA29  
DA33 DA49 DA82 DA83 DA84  
DB11 DB20 DC25 DC40 DD02  
DD17 DE02 DE20 EB04 EB12  
EC22 FF01 FF02 FF03 FF07  
GG01  
3D041 AA31 AA41 AA66 AB01 AC01  
AC08 AC15 AC26 AC30 AD00  
AD01 AD02 AD10 AD41 AD46  
AD47 AD48 AD50 AD51 AD52  
AE00 AE01 AE02 AE09 AE30  
AE41 AE45 AF09  
3D046 BB17 BB18 BB21 FF09 GG02  
GG06 GG10 HH02 HH05 HH07  
HH08 HH17 HH20 HH21 HH22  
HH25 HH26 HH35 HH36 HH46  
HH49